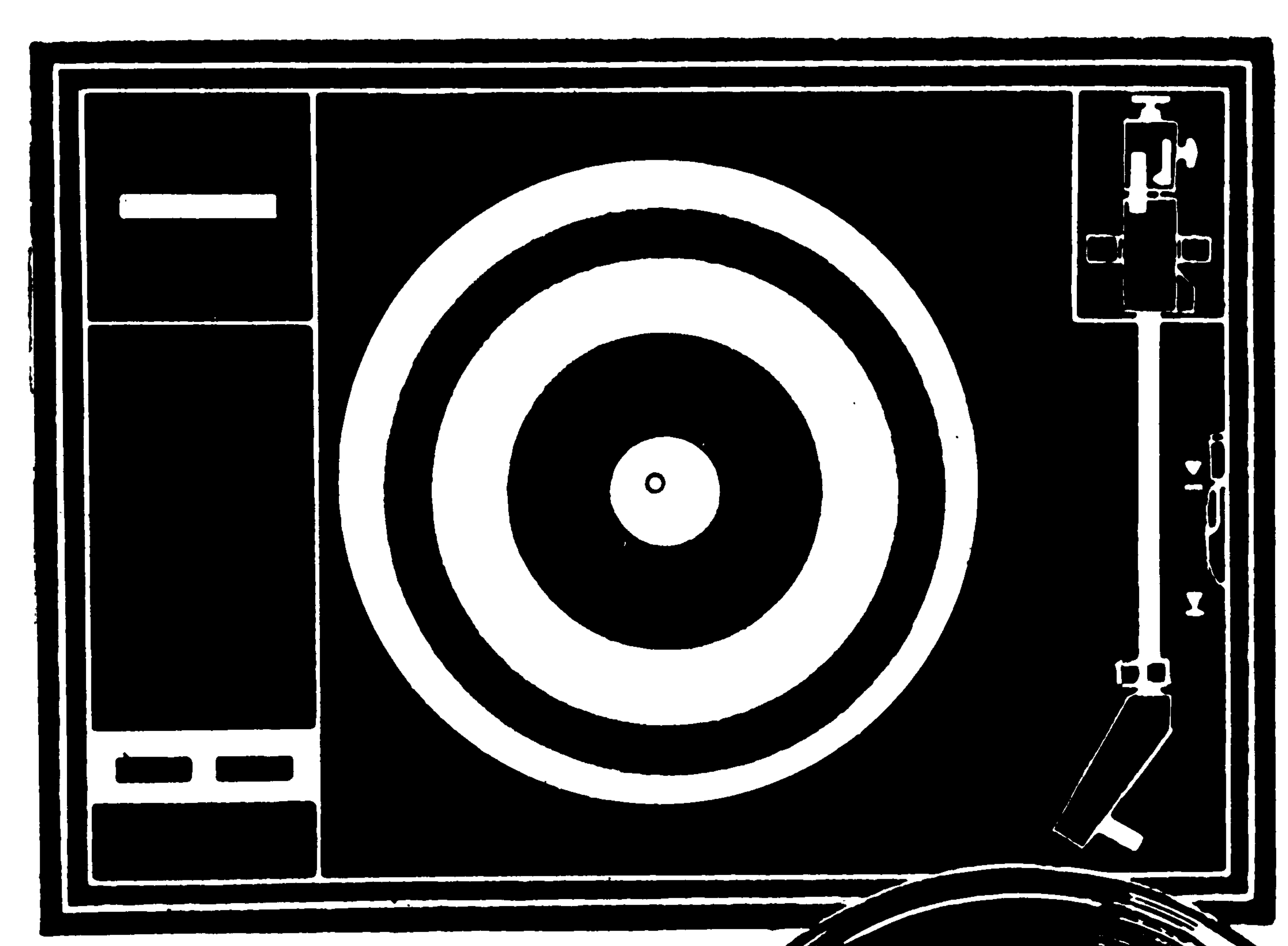






В. К. ЧЕРКУНОВ

Любительский высококачественный проигрыватель

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 868

В. К. ЧЕРКУНОВ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ ПРОИГРЫВАТЕЛЬ



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1974

6Ф2.7
Ч48
УДК 681.84

Черкунов В. К.

Ч48 Любительский высококачественный проигрыватель. М., «Энергия», 1974

64 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 868).

Приводятся сведения по основным вопросам выбора конструкции, изготовления, наладки, регулировки и испытаний высококачественного проигрывателя отмеченного призом на 25-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

Брошюра рассчитана на радиолюбителей-конструкторов.

Ч $\frac{30403\text{-}608}{051(01)\text{-}74}$ 312-74 6Ф2.7

Владимир Константинович Черкунов

Любительский высококачественный проигрыватель

Редактор **В. И. Осипов**
Редактор издательства **В. А. Абрамов**
Художественный редактор **Д. И. Чернышев**
Технический редактор **Г. Г. Самсонова**
Корректор **А. К. Улегова**

Сдано в набор 21/I 1974 г. Подписано к печати 4/X 1974 г. Т-16659
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 3,36.
Уч.-изд. л. 4,22. Тираж 50 000 экз. Зак. 42. Цена 18 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Системы высококачественного звуковоспроизведения получают в настоящее время все большее распространение. Работа таких систем характеризуется столь малыми искажениями, что большинство слушателей не заметят разницы между звучанием оркестра в зале с хорошими акустическими свойствами и звучанием этого же оркестра, записанным на стереофоническую пластинку и воспроизведенным в домашних условиях с помощью системы высококачественного звуковоспроизведения.

Такие системы получили международное название High Fidelity или сокращенно Hi — Fi, что в переводе означает высокая верность, высокая точность, полное соответствие.

Требования к таким системам очень высоки. Они должны обеспечивать воспроизведение частотного диапазона не уже 20—20 000 Гц с коэффициентом нелинейных искажений не более 1,5% при динамическом диапазоне не менее 55—60 дБ.

С помощью лучших современных головок звукоснимателей можно воспроизвести частоты от 5—10 до 35 000—40 000 Гц; лучшие магнитофоны обеспечивают воспроизведение почти такого же диапазона, а полоса частот, воспроизводимых современными усилителями низкой частоты, может простираться практически от нуля до 200 000—300 000 Гц; при этом выходная мощность таких усилителей достигает 100 Вт и более. Современные акустические агрегаты и стереофонические головные телефоны также обеспечивают воспроизведение весьма широкого частотного диапазона.

Необходимость расширения диапазона воспроизводимых частот обусловлена требованиями сохранения специфической тембровой окраски звучания, что достигается воспроизведением обертонов, создаваемых музыкальными инструментами и голосами. И большая выходная мощность нужна вовсе не для «оглушения» целого дома, а для резкого снижения нелинейных искажений при нормальном уровне воспроизведения.

Проигрыватель является весьма важным элементом в системе высококачественного воспроизведения. От качества его работы зависит качество работы всей системы. Такие помехи, как детонация или помехи от вибраций движущего механизма, вносимые несовершенным проигрывателем, не могут быть исправлены последующими звеньями воспроизводящего тракта.

В настоящей брошюре сообщаются минимально необходимые сведения по вопросам теории, расчета, конструирования, изготовления, наладки и испытаний высококачественных проигрывателей, а также сведения по выбору некоторых готовых деталей и узлов, таких как электродвигатель, головка звукоснимателя и др. В брошюре приведены чертежи и подробное описание разработанного и изготовленного автором проигрывателя. Описываемый проигрыватель удостоен призов на Московской и Всесоюзной выставках радиолюбителей-конструкторов.

Автор выражает благодарность Ю. С. Красову, Е. П. Сергиевскому, В. М. Тупицину и Р. З. Силаеву за помощь, оказанную ему в работе над книгой.

Автор

ДВИЖУЩИЙ МЕХАНИЗМ ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Под движущим механизмом проигрывателя понимают устройство, обеспечивающее равномерное вращение пластинки с заданной частотой.

Движущий механизм современного проигрывателя состоит из следующих основных узлов: электродвигателя, системы передачи вращения от электродвигателя к диску, диска с подшипником и устройства для переключения частот вращения диска в соответствии со стандартными. От правильного выбора, точности исполнения и взаимодействия этих узлов целиком зависят такие качественные показатели проигрывателя, как уровень помех от вибраций и коэффициент колебаний скорости воспроизведения. Проигрыватель может быть также оснащен устройством для контроля и регулирования частоты вращения диска и устройством автостопа. Такие устройства, как различные автоматы для смены пластинок или полуавтоматы для установки иглы на начало записи, не влияющие на качество звучания, но намного усложняющие конструкцию, в данной брошюре не рассматриваются. Следует отметить, что ни один из зарубежных проигрывателей высшего класса не имеет устройства для автоматической смены пластинок. Кроме того, использование таких автоматов увеличивает вероятность порчи пластинок в результате появления царапин и других местных повреждений, возникающих оттого, что пластинки располагаются в магазинном устройстве автомата непосредственно одна на другой.

Движущий механизм проигрывателя должен удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать возможность проигрывать пластинки при различных стандартных частотах вращения; обеспечивать постоянство частоты вращения пластинки; обеспечивать минимум колебаний частоты вращения; обеспечивать минимум помех от вибраций.

Рассмотрим пути выполнения этих требований при изготовлении проигрывателя в любительских условиях.

Прежде всего рассмотрим вопрос о необходимом количестве частот вращения диска проигрывателя и способах их переключения.

В настоящее время стандартизованы четыре частоты вращения пластинок: 78, 45; 33$^1/_3$ и 16$^2/_3$ об/мин. Пластинки на 45 об/мин в Советском Союзе выпускаются малым тиражом, за рубежом же выпускаются в больших количествах и предназначены для использования с недорогими массовыми автоматическими проигрывателями, к которым не предъявляются требования высококачественного звуковоспроизведения. Пластинки на 78 об/мин, во-первых, не обеспечивают высокого качества звучания, а, во-вторых, сняты с производства, однако в обращении находится еще много таких пластинок. Пластинки на 16 $^2/_3$ об/мин ни в Советском Союзе, ни за рубежом распространения не получили из-за ограниченного частотного диапазона, пригодного только для речевых записей.

Таким образом, ясно, что высококачественный проигрыватель должен быть в основном предназначен для воспроизведения пластинок на 33 $^1/_3$ об/мин. В то же время желательно, чтобы была возможность проигрывания пластинок на 45 и 78 об/мин.

В настоящее время самым распространенным способом переключения частот вращения является применение устройства, содержащего ступенчую насадку на валу электродвигателя и промежуточный ролик с обрезиненной рабочей поверхностью. Ролик фрикционно связан с насадкой и диском. Переключение частот вращения осуществляется с помощью механизма, обеспечивающего контакт промежуточного ролика с соответствующей ступенью насадки на валу электродвигателя. Такой способ переключения применяется, в частности, в проигрывателе II-ЭПУ-52С, устанавливаемом в радиолах «Симфония» и «Эстония-стерео», и требует большого количества деталей, которые необходимо изготовлять с высокой точностью, что для любительских условий нежелательно. Иногда применяется комбинированный способ, с помощью механизма, подобного рассмотренному выше, но передающего движение диску не через фрикционный ролик, а с помощью пасика. Такая конструкция более совершенна, так как при ней передается меньше вибраций от электродвигателя к диску, но она также состоит из большого количества деталей. Реже применяется электрический способ переключения частот вращения, который требует применения специального многоскоростного электродвигателя. И, наконец, в некоторых проигрывателях переключение частот вращения осуществляется путем изменения частоты питающего электродвигатель тока. Такие проигрыватели, как правило, имеют многополюсные электродвигатели с переключением числа пар полюсов и замкнутую саморегулирующуюся систему привода диска.

В то же время отдельные модели проигрывателей студийного типа вообще не имеют специального механизма или электронного устройства для переключения частот вращения. При непосредственном приводе диска от электродвигателя с помощью пасика переключение осуществляется вручную путем перестановки пасика на соответствующую ступень насадки электродвигателя. Хотя такой способ и связан с необходимостью остановки проигрывателя для переключения частот вращения диска и, следовательно, требует на несколько секунд больше времени, чем переключение с помощью механизма, этот «недостаток» отходит на второй план по сравнению с предельной простотой такого способа. По мнению автора, последний способ переключения является наиболее подходящим для любительских условий, так как он не требует изготовления высокоточных и сравнительно сложных механических устройств, являющихся также источником дополнительных вибраций, или выполнения и наладки довольно сложных электронных схем.

Следует также учитывать, что для высококачественного воспроизведения пригодны только пластинки на частоту вращения 33 $^1/_3$ об/мин и радиолюбитель, изготовивший проигрыватель специально для этой цели, будет пользоваться другими частотами вращения очень редко или не будет пользоваться ими совсем. Поэтому проигрыватель может быть изготовлен только на частоту вращения 33 $^1/_3$ об/мин, что еще более упростит его конструкцию.

Обеспечение постоянства частоты вращения диска в любительских условиях может быть достигнуто применением сравнительно мощного электродвигателя в сочетании с тяжелым диском, обладающим большим моментом инерции. Мощность, затрачиваемая на поддержание вращения даже тяжелого диска, относительно невелика, так что достаточно мощный асинхронный электродвигатель будет работать в таких условиях в режиме, близком к режиму холостого хода и, следовательно, с постоянной частотой вращения ротора.

Минимум колебаний частоты вращения диска обеспечивается правильным выбором электродвигателя и точным выполнением деталей передачи: насадки электродвигателя, пасика и диска. Целесообразнее использовать электродвигатели с неявно выраженными полюсами, например типа АД-5, КД-3,5 и т. п., так как электродвигателям с явно выраженными полюсами, таким, как ДАГ, ЭДГ и др., присущ так называемый «эффект качания ротора», способствующий появлению детонации. Обеспечение минимума помех от вибраций является наиболее сложной задачей и требует принятия специальных мер, которые должны быть рассмотрены подробнее.

На рис. 1 схематически изображено распространение вибраций от электродвигателя по узлам проигрывателя обычного типа. Наиболее интенсивно вибрации передаются через насадку и промежуточный ролик на диск проигрывателя и пластинку (первый путь); в этом случае можно считать, что двигатель жестко соединен с диском, так как обрезиненный промежуточный ролик не является поглотителем вибраций, а в случае его неточного изготовления служит даже источником дополнительных вибраций.

Второй путь проникновения вибраций — через панель и подшипник диска, третий путь — через панель и тонарм. Разберем причины возникновения вибраций, чтобы определить наиболее эффективные и доступные в любительских условиях способы, сводящие к допустимому минимуму проникновение вибраций к игле звукоснимателя. В проигрывателях, как правило, применяются однофазные электродвигатели переменного тока. Вибрации такого электродвигателя складываются из двух видов колебаний — электрического и механического происхождения.

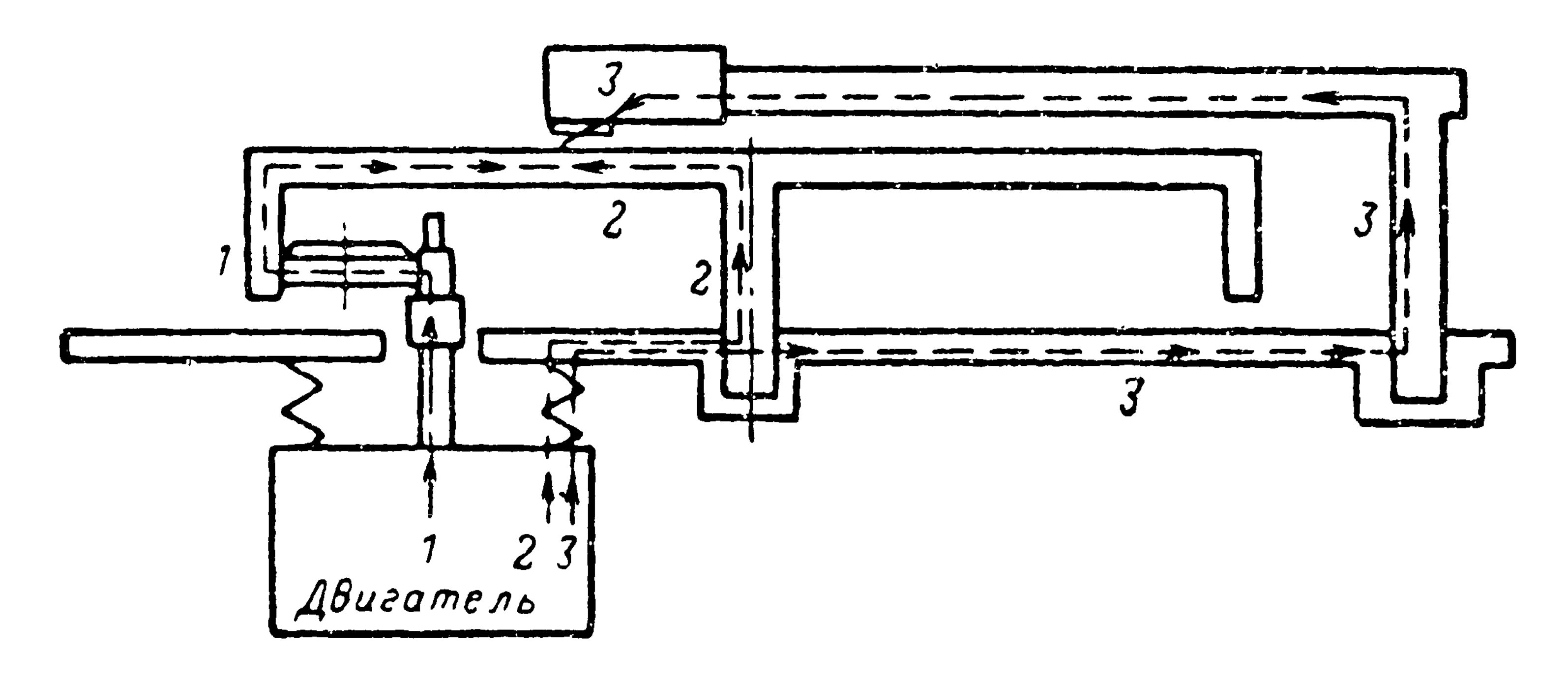


Рис. 1. Схема распространения вибраций от электродвигателя в движущем механизме проигрывателя.

Первый вид колебаний вызывается тем, что при номинальных величинах емкости конденсатора и сопротивления резистора фазосдвигающей цепочки, указанных в паспорте электродвигателя, строго круговое поле статора обеспечивается только при определенной величине нагрузки на электродвигатель. При других нагрузках поле становится эллиптическим, вследствие чего возникают колебания момента, приложенного со стороны поля к ротору, и соответственно колебания частоты вращения ротора с удвоенной частотой питающей сети [Л.9]. Существенно уменьшить эти колебания можно путем индивидуального подбора величин сопротивления резистора и емкости конденсатора фазосдвигающей цепочки для данных условий работы электродвигателя.

Второй вид колебаний возникает оттого, что в процессе изготовления ротора электродвигателя невозможно идеально выдержать его геометрические размеры, обеспечить полную однородность материала и обойтись без нарушений симметрии в распределении масс. Поэтому центр тяжести ротора обычно не совпадает с осью его вращения, вследствие чего возникают переменные возмущающие силы, вызывающие колебания. Величина этих сил, как известно из механики, прямо пропорциональна квадрату частоты вращения ротора электродвигателя. Для уменьшения колебаний ротор электродвигателя после изготовления подвергается статической, а иногда и динамической балансировке. Некоторые зарубежные фирмы, изготовляющие высококачественные проигрыватели и получающие электродвигатели от других фирм, производят разборку и дополнительную прецизионную механическую обработку и балансировку роторов этих электродвигателей.

В связи с тем что возмущающая сила пропорциональна квадрату частоты вращения, желательно применять электродвигатели с возможно меньшей частотой вращения. Как известно, частота вращения ротора синхронного электродвигателя обратно пропорциональна числу пар полюсов его рабочей обмотки и выражается формулой

$$n = 60f/p,$$

где n — частота вращения ротора, об/мин; f — частота питающей сети, Гц; p — число пар полюсов.

Для асинхронных электродвигателей частота вращения из-за скольжения будет меньше на 5—10%.

В лучших зарубежных проигрывателях устанавливаются многополюсные электродвигатели обычно с частотой вращения 300 об/мин, а передача вращения к диску осуществляется с помощью пасика.

В последнее время японской фирмой «National» разработан проигрыватель «National Panasonic SL-1000» с электродвигателем с частотой вращения ротора $33^1/_3$ об/мин. Этот электродвигатель представляет собой многополюсный бесколлекторный электродвигатель постоянного тока с напряжением питания 15 В, имеет внешний ротор диаметром 130 мм и устанавливается непосредственно под диском проигрывателя. Применение такого электродвигателя с соответствующей электронной системой автоматического регулирования частоты вращения ротора дало возможность существенно уменьшить вибрации и неравномерность вращения диска.

К сожалению, метод понижения частоты вращения ротора электродвигателя в любительских условиях связан с большими

трудностями, так как предназначенные для магнитофонов электродвигатели со сравнительно небольшой частотой вращения ротора, такие, как ДВА-У4 (610 об/мин), имеют слишком большие габариты для применения их в проигрывателе. Тем не менее эти электродвигатели можно использовать для движущего механизма проигрывателя. Может быть также рекомендована переделка существующих электродвигателей, например широко распространенного магнитофонного электродвигателя АД-5, с целью снижения частот

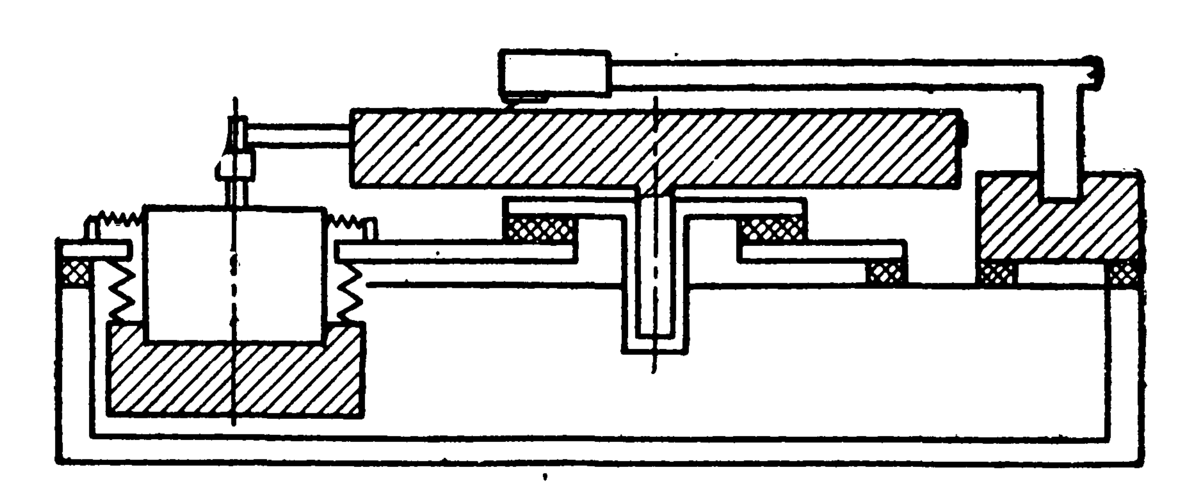


Рис. 2. Схема движущего механизма проигрывателя с элементами защиты от вибраций.

вращения их роторов в 2—4 раза путем увеличения числа пар полюсов с соответствующим уменьшением напряжения питания. Происходящая при этом потеря номинальной мощности не имеет решающего значения. Но такая переделка сводится к обязательной перемотке обмотки электродвигателя, что может быть выполнено далеко не каждым радиолюбителем. В описываемом проигрывателе был применен другой способ уменьшения вибраций электродвигателя, передаваемых на иглу звукоснимателя, заключающийся в использовании упругой подвески электродвигателя в сочетании с увеличением его массы. Из теории колебаний [Л.10] известно, что для уменьшения возмущающей силы, передаваемой фундаменту (в данном случае — несущей панели *36*, см. рис. 20), электродвигатель должен быть установлен на податливых элементах так, чтобы собственная частота колебаний электродвигателя была мала по сравнению с частотой вращения ротора электродвигателя.

Из теории колебаний известно также, что собственная частота колебаний системы (в данном случае электродвигателя) обратно пропорциональна массе системы. Поэтому полезно увеличить массу электродвигателя, например прикрепив к нему какой-либо груз (рис. 2). Такой способ уменьшения вибраций достаточно прост и хорошо зарекомендовал себя на практике. Из тех же соображений полезны увеличение массы диска и расположение тонарма на тяжелом основании (рис. 2). Полезно также введение неупругих (демпфирующих) элементов (прокладок), например из войлока, хорошо поглощающих высокочастотные составляющие вибраций. Эти прокладки изображены на рис. 2 с двойной штриховкой.

Таким образом, схема проигрывателя, приведенная на рис. 2, по мнению автора, наиболее целесообразна для выполнения в любительских условиях. Схема достаточно проста и технологически довольно легко выполнима.

При проектировании проигрывателей обычно учитывают еще одно условие — жесткое закрепление тонарма на несущей панели. Это условие обосновывается тем, что при наличии каких-либо упругих элементов между диском и тонармом могут возникнуть автоколебания, т. е. продольные колебания при проигрывании пластинки, вызванные силой тяги, приложенной к игле звукоснимателя, за счет трения между иглой и вращающейся пластинкой. Правда, такие колебания будут ощутимы только при большом приведенном весе звукоснимателя. С другой стороны, полезно ввести демпфирующую развязку между тонармом и движущим механизмом; поэтому автор рекомендует компромиссное решение, заключающееся во введении неупругих прокладок *82* (см . рис. 21), расположенных на сравнительно большом расстоянии одна от другой, что обеспечивает хорошую устойчивость тонарма и постоянство расстояния между вертикальными осями вращения тонарма и диска.

На рис. 3 показан еще один вариант конструкции движущего механизма, пригодного для изготовления в любительских условиях. Этот вариант предусматривает применение высокооборотных электродвигателей типа ЭДГ с частотой вращения 2 800 об/мин. Как видно из рисунка, в этом случае необходимо введение дополнительной понижающей передачи от вала электродвигателя с помощью обрезиненного фрикционного ролика, на оси которого крепится двухступенчатая насадка. Пасик охватывает насадку и маховик сравнительно небольшого диаметра; на маховик через резиновую прокладку устанавливается диск. Для переключения частот вращения диск снимается и пасик переставляется с одной ступени насадки на другую. Преимуществом этого варианта является возможность использования пасика промышленного изготовления, например от привода ведущего вала магнитофона «Комета 201» или магнитофонной приставки «Нота», а недостатками — большее количество деталей и, следовательно, большая сложность изготовления, а также наличие постоянного контакта вала электродвигателя с обрезиненным роликом, что при продолжительном бездействии проигрывателя может привести к образованию вмятины на ролике в месте контакта и как следствие к появлению детонации. Устройство, отводящее обрезиненный ролик от вала электродвигателя при неработающем проигрывателе, еще больше усложнит конструкцию.

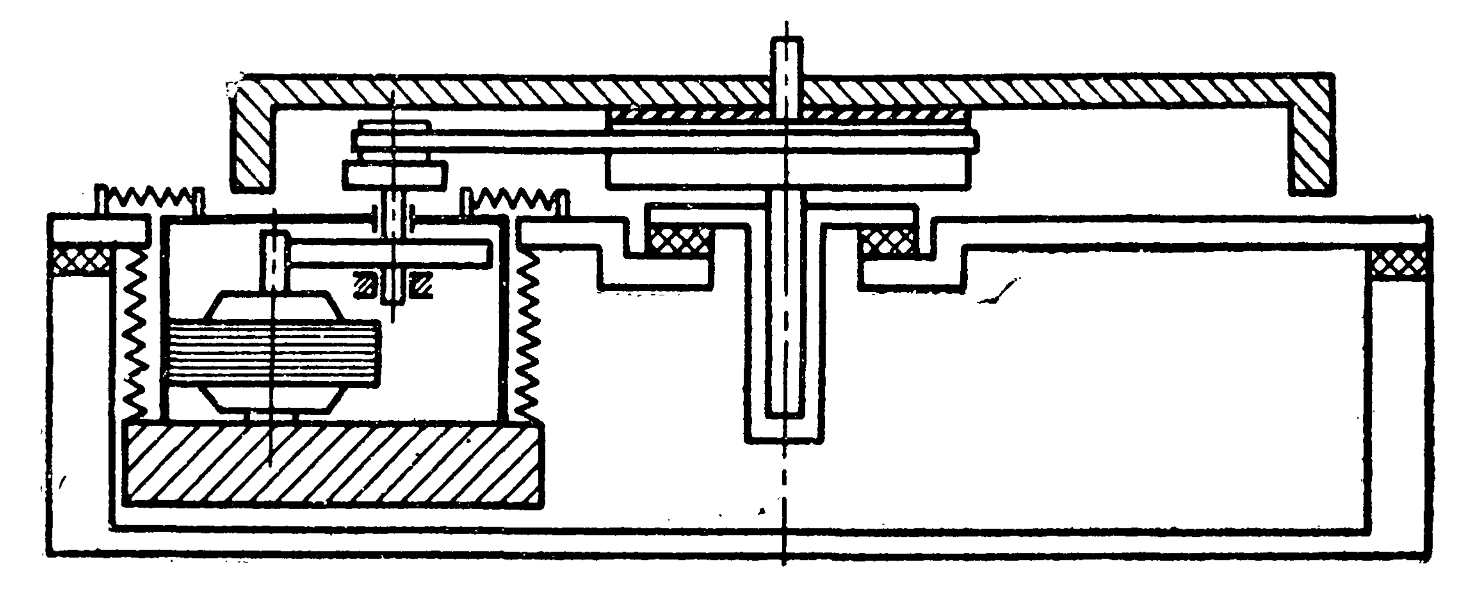


Рис. 3. Схема движущего механизма с использованием высокооборотного электродвигателя.

В заключение следует остановиться на некоторых особенностях расчета ременной передачи с большим передаточным отношением и использованием эластичного ремня (пасика). Так как в этом случае толщина пасика становится соизмеримой с диаметром ведущего шкива (насадки), для ведущего шкива уже нельзя пренебрегать толщиной пасика, как при обычном расчете.

В этом случае расчет передачи надо вести, исходя из средней линии пасика, условно увеличив диаметр ведущего шкива на толщину пасика. Например, при частоте вращения электродвигателя 1 440 об/мин, диаметре ведомого шкива 280 мм и требуемой частоте вращения диска $33^1/_3$ об/мин, задаваясь толщиной пасика 1,3 мм, необходимый диаметр ведущего шкива можно определить из соотношения

$$\frac{1\,440}{33,33}=\frac{280}{1,3+d};$$

отсюда диаметр насадки равен 5,17 мм для частоты вращения диска $33^1/_3$ об/мин и 7,46 мм для частоты 45 об/мин.

Следует учитывать, что этот расчет является приближенным, так как существует еще скольжение между ведущим шкивом и ремнем, которое хотя и является постоянным, зависит от сорта резины пасика и его натяжения; поэтому размеры 5,17 и 7,46 мм следует несколько увеличить. Практически диаметры насадки следует принять равными 5,3—5,4 и 7,6—7,7 мм и окончательно подогнать эти размеры с помощью стробоскопического диска, как это указано в разделе «Наладка и регулировка проигрывателя».

Движущий механизм, выполненный по схеме, указанной на рис. 2, несмотря на сравнительно небольшой угол охвата пасиком ведущего шкива (насадки), хорошо зарекомендовал себя за время длительной эксплуатации проигрывателя; при этом частота вращения диска практически не менялась.

ЗВУКОСНИМАТЕЛЬ

Под звукоснимателем понимают прибор, предназначенный для воспроизведения механической звукозаписи.

Звукосниматель состоит из головки, являющейся электромеханическим преобразователем механических колебаний иглы в электрические сигналы, и тонарма — держателя головки, обеспечивающего возможность ее перемещения от края к центру пластинки.

К высококачественному звукоснимателю предъявляются следующие требования: воспроизведение с минимальными искажениями всего частотного диапазона сигналов, записанных на пластинке, обеспечение оптимального приведенного веса звукоснимателя и возможности регулирования его. К стереофоническому звукоснимателю дополнительно предъявляются требования раздельного воспроизведения сигналов обоих каналов при минимальном проникновении их из одного канала в другой и минимального рассогласования каналов по чувствительности и частотным характеристикам воспроизведения.

Несмотря на то, что высококачественную головку в отличие от тонарма в любительских условиях изготовить невозможно, следует

более подробно рассмотреть особенности современных головок высокого класса, с тем чтобы соответствующим образом рассчитать и изготовить тонарм, способный реализовать достоинства высококачественной головки, так как при плохом тонарме потенциальные возможности головки не будут использованы; к тому же может возникнуть опасность порчи пластинок.

В настоящее время в бытовых проигрывателях широкое распространение получили в основном два типа головок: пьезоэлектрические и магнитные.

В пьезоэлектрических головках э. д. с. возникает в результате упругой деформации связанного с иглой твердого пьезоэлемента, изготовляемого из керамики титаната бария или керамики на основе циркония, титана и свинца.

В магнитных головках э. д. с. возникает в результате изменения магнитного поля в катушке при механических колебаниях подвижного элемента, связанного с иглой.

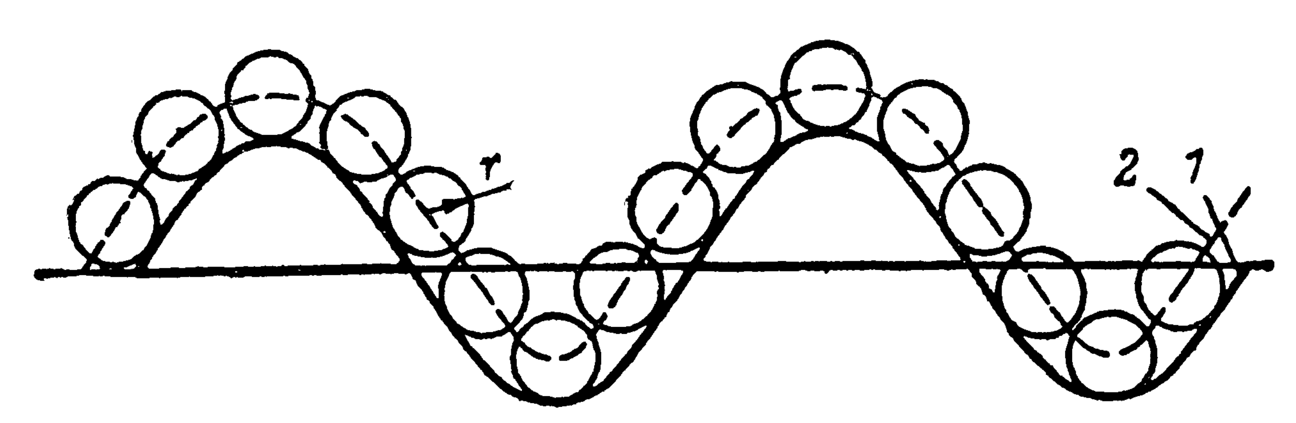


Рис. 4. Центр окружности, катящейся по синусоиде *1*, описывает кривую *2*, называемую поидой.

Стереофонические головки содержат две магнитные системы или два пьезоэлемента.

Нелинейные искажения, вносимые собственно преобразователями головок, достаточно малы и у магнитных головок составляют доли процента, вот почему необходимо максимально уменьшить искажения, возникающие при огибании концом иглы модулированной канавки пластинки.

Несколько слов о самих иглах. В современных магнитных и лучших пьезоэлектрических головках применяются только алмазные иглы, имеющие долговечность (стойкость к истиранию конца иглы) примерно в 10 раз более высокую, чем иглы из корунда (1 000—1 500 ч против 150—200 ч у корунда).

Рассмотрим подробнее процесс контакта иглы со звуковой канавкой пластинки.

Рабочая часть записывающего резца имеет треугольную форму с острыми режущими гранями, чем и обусловлен профиль канавки современной стереофонической пластинки, а игла звукоснимателя представляет собой конус со сферическим острием. Несоответствие форм резца и иглы приводит к появлению искажений при воспроизведении.

На рис. 4 показано огибание (обкатывание) синусоиды окружностью радиусом r. Как видно из рисунка, кривая, образованная движением центра этой окружности, не является синусоидой. Такая кривая названа поидой (*2*). Отличие ее от синусоиды увеличивается с увеличением радиуса r. Представив себе, что радиус r яв-

ляется радиусом закругления конца иглы, а синусоида — модулированной стенкой канавки *1* пластинки, можно убедиться, что искажения, возникающие от несоответствия указанных кривых, уменьшаются с уменьшением радиуса *r*. Отсюда следует, что для воспроизведения записи с пластинки с минимальными искажениями необходимо уменьшать радиус закругления иглы.

Однако уменьшать этот радиус можно только до определенных пределов, так как игла со слишком малым радиусом будет

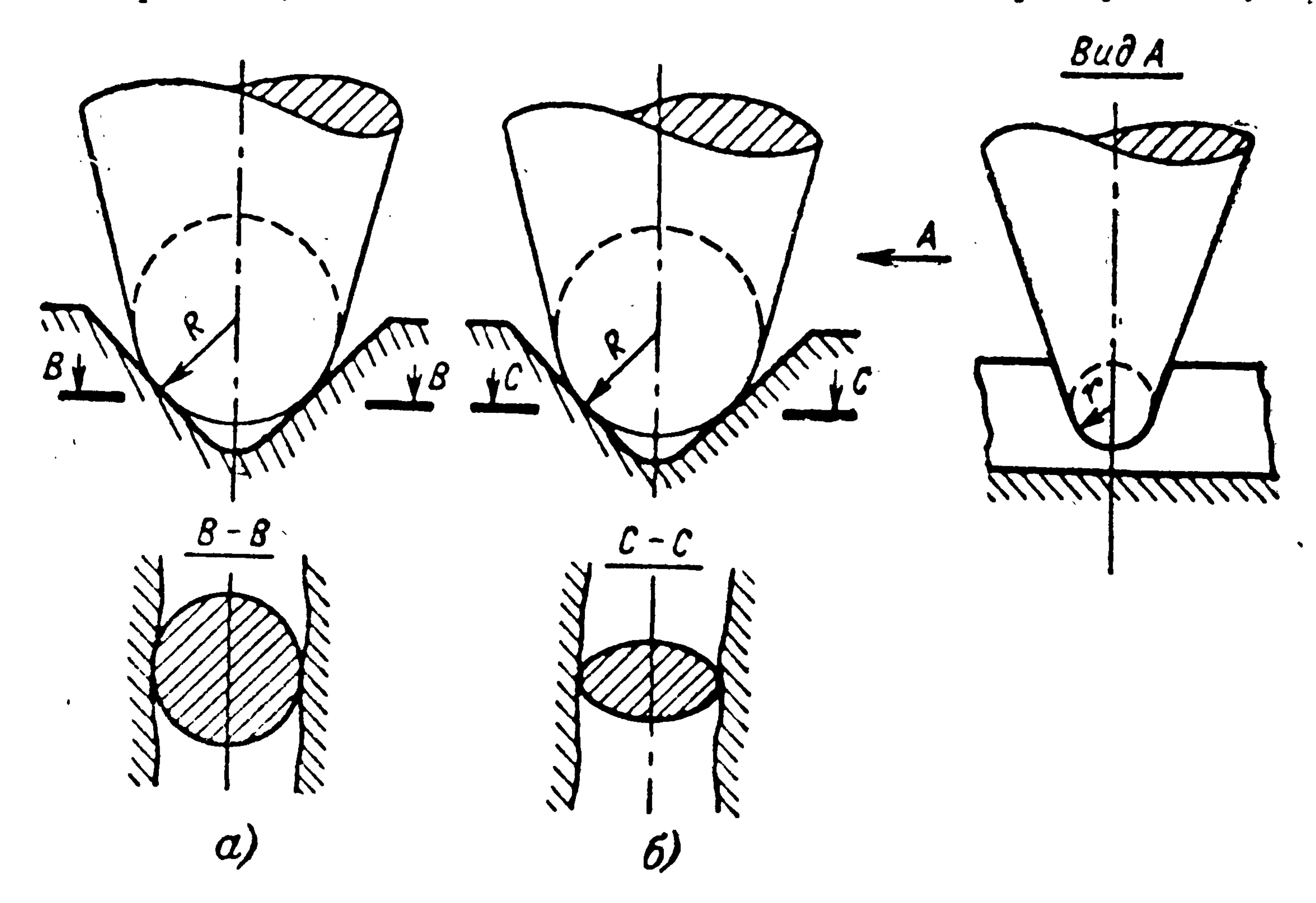


Рис. 5. Расположение в канавке пластинки конца иглы со сферическим (*а*) и эллиптическим (*б*) острием.

скользить по дну канавки, в то время как для уверенного воспроизведения стереофонической записи игла должна опираться только на стенки канавки, не касаясь ее дна (рис. 5). Добиться удовлетворения этих противоречивых требований удалось созданием так называемой бирадиальной, или эллиптической, иглы.

Как видно из рис. 5, сечение острия такой иглы представляет собой эллипс. Из рисунка видно также, что соприкосновение этой иглы с пластинкой осуществляется поверхностью с радиусом *r* в точках контакта, а у иглы со сферическим острием — поверхностью с радиусом *R*. Радиус *R* игл современных стереофонических головок составляет 15—20 мкм, а радиус *r* 5—7 мкм.

В настоящее время большинство высококачественных стереофонических магнитных головок комплектуется алмазными эллиптическими иглами, что снижает искажения при воспроизведении, а также улучшает воспроизведение высоких частот; это бывает особенно заметно в конце фонограммы (ближе к центру пластинки). Объясняется это следующим. Как известно, одним из обязательных условий работы современных проигрывателей является постоянство частоты вращения диска.

Линейная скорость конца иглы относительно вращающейся пластинки при этом выражается формулой

$$v = \frac{\pi D n}{60}\ , \text{см/с},$$

где n — частота вращения диска, об/мин; D — диаметр окружности, на которой в данный момент расположена игла, см.

Этот диаметр для долгоиграющих пластинок формата 30 меняется примерно от 29 см в начале записи до 12 см в ее конце.

Отсюда следует, что линейная скорость пластинки в точке контакта с иглой убывает по мере приближения иглы к центру пластинки, а следовательно, уменьшается и путь, проходимый иглой относительно пластинки за единицу времени. Из этого видно, что длина волны записи λ звуковых колебаний постоянной частоты, записанных на пластинку, уменьшается от края к центру диска, т. е. фонограмма непрерывно сжимается. Длину волны записи можно определить по формуле

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 f}\ ,$$

где f — частота записываемого колебания, Гц.

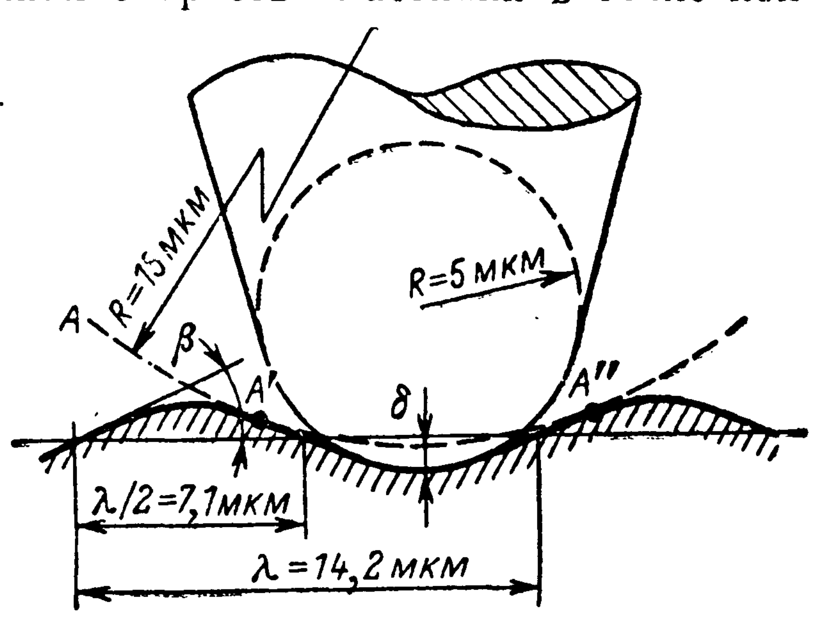


Рис. 6. Контакт иглы с пластинкой при воспроизведении частоты 16 000 Гц, записанной с повышенным уровнем (расстояние от иглы до центра пластинки 65 мм).

Подставив в эту формулу значения $D_1 = 29$ см и $D_2 = 13$ см, получим для частоты 16 000 Гц соответственно $\lambda_1 = 0{,}032$ мм и $\lambda = 0{,}0142$ мм. Таким образом, по мере уменьшения D длина волны записи становится соизмеримой с радиусом закругления конца иглы.

На рис. 6 в масштабе изображена волна λ_2 длиной 0,0142 мм (14,2 мкм) синусоидального колебания частотой 16 000 Гц, записанного на пластинке.

При больших уровнях записи крутизна синусоиды (угол β) может возрасти настолько, что при воспроизведении записи иглой с радиусом закругления 15 мкм этот радиус совпадет с радиусом впадины синусоиды, что вызовет появление искажений. Искажения еще более возрастут, если появится зазор δ и игла одновременно соприкоснется с двумя соседними гребнями волн в точках *A'* и *A''*.

В то же время из рис. 6 видно, что применение в этих же условиях эллиптической иглы с $R = 15$ мкм и $r = 5$ мкм обеспечивает контакт иглы со стенкой канавки пластинки только в одной точке; при этом искажений не возникает. Дуга *A' A''* в этом же масштабе не что иное, как сфера конца иглы радиусом 15 мкм.

Недостатком эллиптических игл являются их более высокая стоимость в связи с большей трудностью изготовления и меньшая долговечность (на 30—40%) по сравнению с иглами со сферическим концом. В связи с необходимостью уменьшения радиуса закругления

конца иглы очень большое значение имеет уменьшение приведенного веса звукоснимателя.

Приведенный вес звукоснимателя — это вертикальная сила, которая действует через иглу на горизонтально расположенную немодулированную канавку пластинки. Эта сила определяется массами тонарма и головки звукоснимателя, распределением массы по длине тонарма, а также уравновешивающей силой, создаваемой специальным устройством, и выражается в граммах. Приведенный вес должен обеспечивать надежный контакт иглы с обеими стенками канавки при вращении пластинки, что особенно важно при воспроизведении стереозаписи, при которой каждая стенка канавки несет свою информацию.

В то же время приведенный вес не должен быть чрезмерным, потому что его увеличение очень сильно влияет на износ как пластинки, так и иглы. В связи с тем, что площади поверхностей в точках контакта иглы со стенками канавки очень малы, особенно при применении эллиптических игл, давление на пластинку в этих точках достигает значительных величин. Так, например, коническая игла с полусферой радиусом 17 мкм при приведенном весе звукоснимателя 2 г создает давление до 3 500 кгс/см^2. С уменьшением радиуса это давление, естественно, возрастает еще больше.

Однако принимая во внимание, что это давление при вращении пластинки действует на канавку кратковременно, а также учитывая, что материалы, из которых изготовляются современные стереопластинки, могут кратковременно выдерживать даже большие нагрузки, можно, установив минимально необходимый приведенный вес, обеспечить достаточную долговечность и пластинки, и иглы.

Проведенные исследования показали, в частности, что для иглы со сферическим закруглением радиусом 17,5 мкм и приведенным весом 1,5 г износ пластинки после 50 проигрываний был менее заметен, чем при одном проигрывании той же иглой, но с приведенным весом 5 г [Л.7].

Из сказанного видно, что снижение приведенного веса имеет очень большое значение. Кроме определенной величины приведенного веса звукоснимателя, головка должна обладать и достаточной гибкостью, т. е. способностью подвижной системы звукоснимателя перемещаться под воздействием силы, приложенной в острию иглы.

В монофонических звукоснимателях для воспроизведения поперечной записи существенна поперечная гибкость подвижной системы, а вертикальная гибкость может быть значительно меньшей, так как вертикальные колебания силы незначительны. В стереофонических звукоснимателях подвижная система должна иметь достаточную и поперечную, и вертикальную гибкость, чтобы при минимальном приведенном весе сохранялся надежный контакт с канавкой пластинки и при самых больших значениях амплитуды записанного сигнала не передавались механические колебания на тонарм (рис. 7).

Как видно из рисунка, плохая гибкость головки при движении иглы по канавке вызывает колебания всего тонарма, а так как масса тонарма, а следовательно, и его инерционность во много раз больше, чем у подвижной системы звукоснимателя, необходимо увеличивать приведенный вес головки для предотвращения потери контакта иглы с пластинкой, особенно после прохождения иглой пиков амплитуды записи. Это необходимо потому, что в силу большой инерционности системы (подвижная система головки — головка — тонарм) игла не будет успевать быстро опускаться после прохождения пиков модуляции и будет терять контакт с канавкой.

Эластичное закрепление в тонарме головки с плохой гибкостью почти не улучшает работу звукоснимателя, так как масса головки значительно больше, чем масса иглодержателя.

Приведенный вес современных звукоснимателей находится в пределах 1—5 г; при столь малом приведенном весе от подвижной системы звукоснимателя для огибания канавки с записью низких частот требуется большая гибкость: от $3\cdot10^{-3}$ до $20\cdot10^{-3}$ м/Н. В лучших высококачественных магнитных головках гибкость достигает значений $30\cdot10^{-3}$ м/Н и более. Для таких головок необходимый приведенный вес звукоснимателя может быть снижен до 0,5—0,75 г.

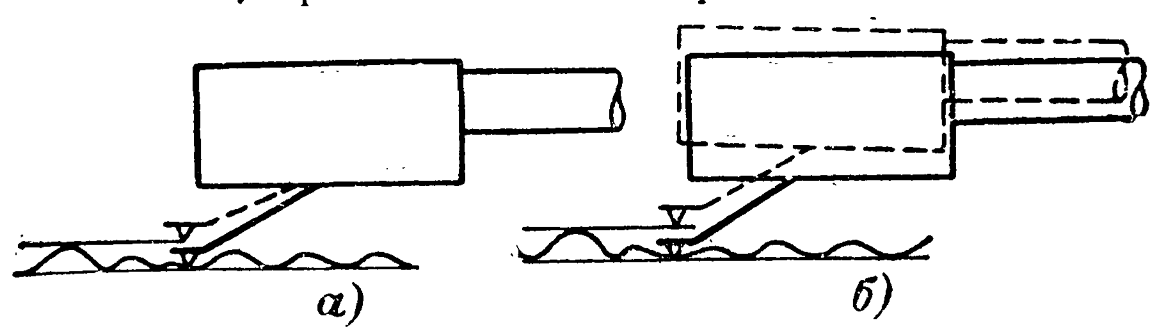


Рис. 7. Схематическое изображение работы головки с хорошей (*а*) и плохой (*б*) гибкостью.

Примерная зависимость рекомендуемой величины приведенного веса звукоснимателя от гибкости подвижной системы головки приведена на рис. 8.

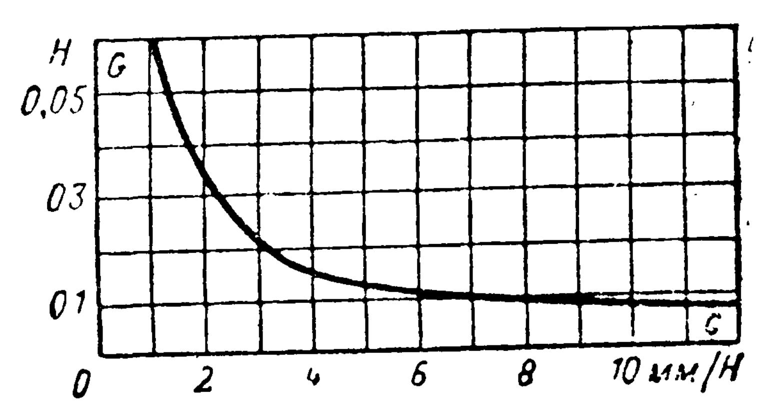


Рис. 8. Рекомендуемый приведенный вес в зависимости от гибкости головки.

Следует заметить, что в пьезоэлектрических головках невозможно добиться высокой гибкости, в силу того что иглодержатель приходится жестко связывать с твердым пьезоэлементом, деформация которого необходима для получения электрического сигнала. Именно это обстоятельство приводит к вытеснению пьезоэлектрических головок из высококачественной аппаратуры, несмотря на очевидные преимущества их в части простоты, дешевизны и большого выходного сигнала, не требующего применения, как это необходимо для магнитных головок, дополнительного усилителя-корректора.

Важным качеством стереофонической головки является ее способность раздельно воспроизводить информацию обоих стереофонических каналов, записанных на противоположных стенках канавки пластинки.

Международными нормами и ГОСТ 7893-72 установлено, что информация, записанная на внутренней стенке канавки пластинки (расположенной ближе к центру пластинки), должна соответствовать левому каналу воспроизведения, а информация, записанная на внешней стенке, — правому каналу. Взаимное проникновение

сигналов из одного канала в другой снижает стереоэффект при воспроизведении, а полное проникновение их сводит звучание к монофоническому.

Свойство головки раздельно воспроизводить информацию каналов называется разделением каналов или переходным затуханием. В настоящее время не представляется возможным создать головки с разделяющим механизмом, полностью исключающим взаимное проникновение сигналов. Тем не менее разделение каналов у высококачественных головок должно быть достаточно хорошим. Разделение каналов в децибелах может быть вычислено по формуле

$$N = 20 \lg \frac{U}{U_н},$$

где U — напряжение на выходе канала, по которому передают воспроизводимый сигнал; $U_н$ — напряжение на выходе другого (немого) канала, в который этот сигнал проникает.

Основные технические характеристики некоторых отечественных и зарубежных головок звукоснимателей приведены в табл. 1.

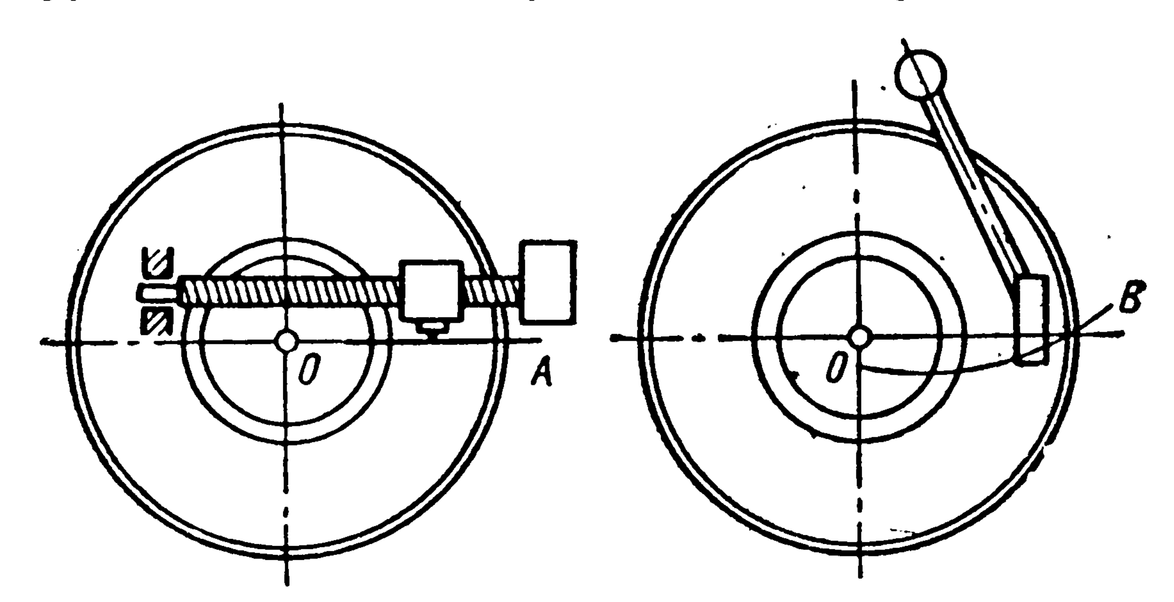


Рис. 9. Схема, поясняющая движение резца рекордера при записи (прямая $O—A$) и иглы звукоснимателя при воспроизведении (дуга $O—B$).

Весьма важное значение для высококачественного воспроизведения грамзаписи имеет тонарм звукоснимателя. Самая лучшая головка с плохим тонармом будет работать неудовлетворительно. Тонарм современного стереофонического звукоснимателя должен сводить к минимуму угловые искажения, иметь устройство для компенсации скатывающей силы, а также устройство для регулирования приведенного веса звукоснимателя. Трение в подшипниках осей вращения тонарма должно быть незначительным; при этом тонарм должен быть сбалансирован в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Масса тонарма, а следовательно, и его инерционность также должны быть небольшими, особенно при применении головок с недостаточно хорошей гибкостью. Тонарм должен иметь достаточную жесткость, чтобы исключить торсионный резонанс. Желательно, чтобы низкочастотный и высокочастотный резонансы тонарма располагались за пределами звукового диапазона. В любительском тонарме желательно предусмотреть без усложнения конструкции возможность регулирования его длины, поворота дер-

Таблица 1

Тип головки	Принцип действия	Рабочий диапазон частот, Гц, и неравномерность, дБ	Гибкость, м/Н	Приведенный вес, г	Радиус острия иглы, мкм	Разделение каналов, дБ		Масса, г
						на частоте 1 000 Гц	на частоте 10 000 Гц	
ГЗК-62М («Симфония», «Эстония-стерео»)	Пьезоэлектрическая	40—14 000 ±5 дБ	$1{,}0\cdot10^{-3}$	6—7	15	12	6(на частоте 5 000 Гц)	4,3
Sonoton 9TA	То же	20—17 000 ±3 дБ	$5{,}5\cdot10^{-3}$	2—4	—	25	6	—
ГЗУМ-73С («Виктория»)	Магнитная	30—16 000	$3{,}4\cdot10^{-3}$	2—4	15	—	—	—
ADC-26	То же	10—24 000 ±2 дБ	$29\cdot10^{-3}$	0,5—1,25	6×15	30	30	—
Empire 1000 ze/x	» »	4—40 000	$30\cdot10^{-3}$	0,5—1,25	5×15	35	25	7
Empire 999 se/x	» »	8—32 000	$30\cdot10^{-3}$	0,5—1,5	7×15	35	25	7
Shure V-15	» »	20—25 000	$30\cdot10^{-3}$	0,5—1,5	5×15	25	—	6,8
Shure M91E	» »	20—20 000	$25\cdot10^{-3}$	0,5—1,5	5×15	25	—	5
Pichering XV15/750E	» »	10—25 000	$28\cdot10^{-3}$	0,5—1	5×20	30	22	5

жателя головки вокруг продольной оси и регулирование установки угла коррекции. Кроме того, желательно иметь возможность некоторого перемещения вертикальной оси тонарма относительно диска проигрывателя.

Рассмотрим подробнее факторы, влияющие на выбор основных конструктивных размеров тонарма, а также вопрос о возникновении скатывающей силы и необходимости ее компенсации.

В процессе записи на пластинку резец рекордера движется по радиусу пластинки, т. е. по прямой линии, а игла у большинства звукоснимателей при проигрывании движется по дуге (рис. 9), так как почти все современные тонармы построены по схеме рычага, вращающегося вокруг вертикальной оси. Такая схема тонарма приводит к появлению угловых искажений в результате несоответствия направления перемещения резца рекордера при записи и направления перемещения иглы при воспроизведении пластинки с помощью тонарма рычажного типа. Однако, как мы увидим ниже, соответствующим расчетом тонарма и в том числе правильным выбором его длины искажения можно свести к допустимому минимуму.

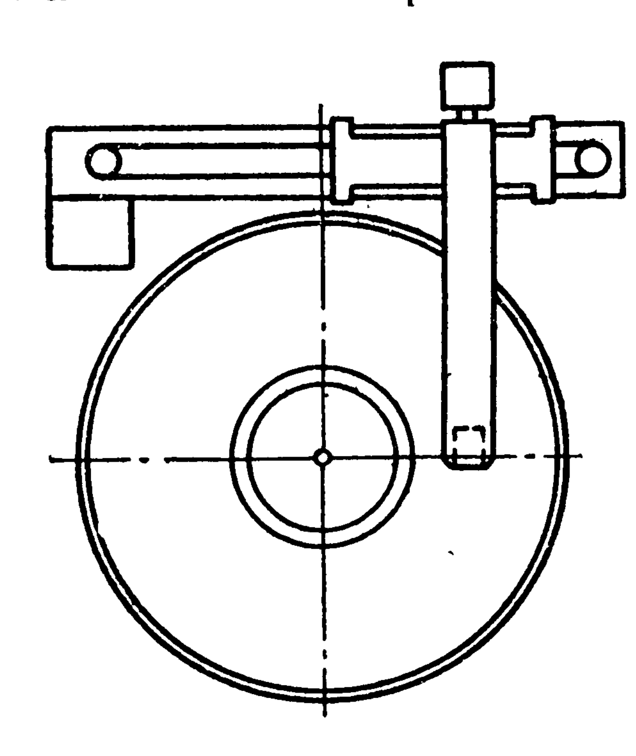


Рис. 10. Схематическое изображение звукоснимателя, воспроизводящего записанный сигнал без угловой погрешности.

В последнее время за рубежом появились проигрыватели с тонармами, обеспечивающими точное повторение иглой пути, проходимого резцом рекордера при записи на пластинку [Л. 14]. Одна из таких конструкций схематически представлена на рис. 10. Тонарм такого проигрывателя представляет собой очень сложную следящую систему, содержащую два электродвигателя (не считая основного, вращающего пластинку) и прецизионную цепную передачу. Из-за сложности такие тонармы не получили широкого распространения; тем более их нельзя рекомендовать для изготовления в любительских условиях.

Рассмотрим основные принципы расчета тонарма рычажного типа. В [Л. 1, 2] даны довольно подробные методики такого расчета. Далее приводятся в сокращенном объеме основные положения расчета и формулы для определения размеров тонарма.

На рис. 11 показан звукосниматель, находящийся в контакте с пластинкой. Если для закрепления головки применить прямой тонарм, что на первый взгляд представляется самым простым, то направления колебаний резца при записи и иглы при воспроизведении не будут совпадать на некоторый угол Ф, изменяющийся с изменением радиуса проигрываемой канавки. Одной стороной этого угла служит радиус R, соединяющий центр O вращения пластинки с иглой головки, а другой стороной — касательная к дуге, по которой перемещается игла при проигрывании, проведенная в месте контакта иглы с пластинкой. Из рисунка видно также, что этот угол равен углу, образованному касательной к канавке пластинки в месте контакта ее с иглой и прямой, соединяющей точку контакта с центром вращения тонарма. Повернув головку на угол β, называемый углом коррекции тонарма, можно уменьшить угол погрешности до величины $\alpha = \Phi - \beta$. Угол α, также изменяющийся с изменением радиуса проигрываемой канавки, стремятся сделать возможно меньшим, так как нелинейные искажения от второй гармоники оказываются пропорциональными отношению угла погрешности α

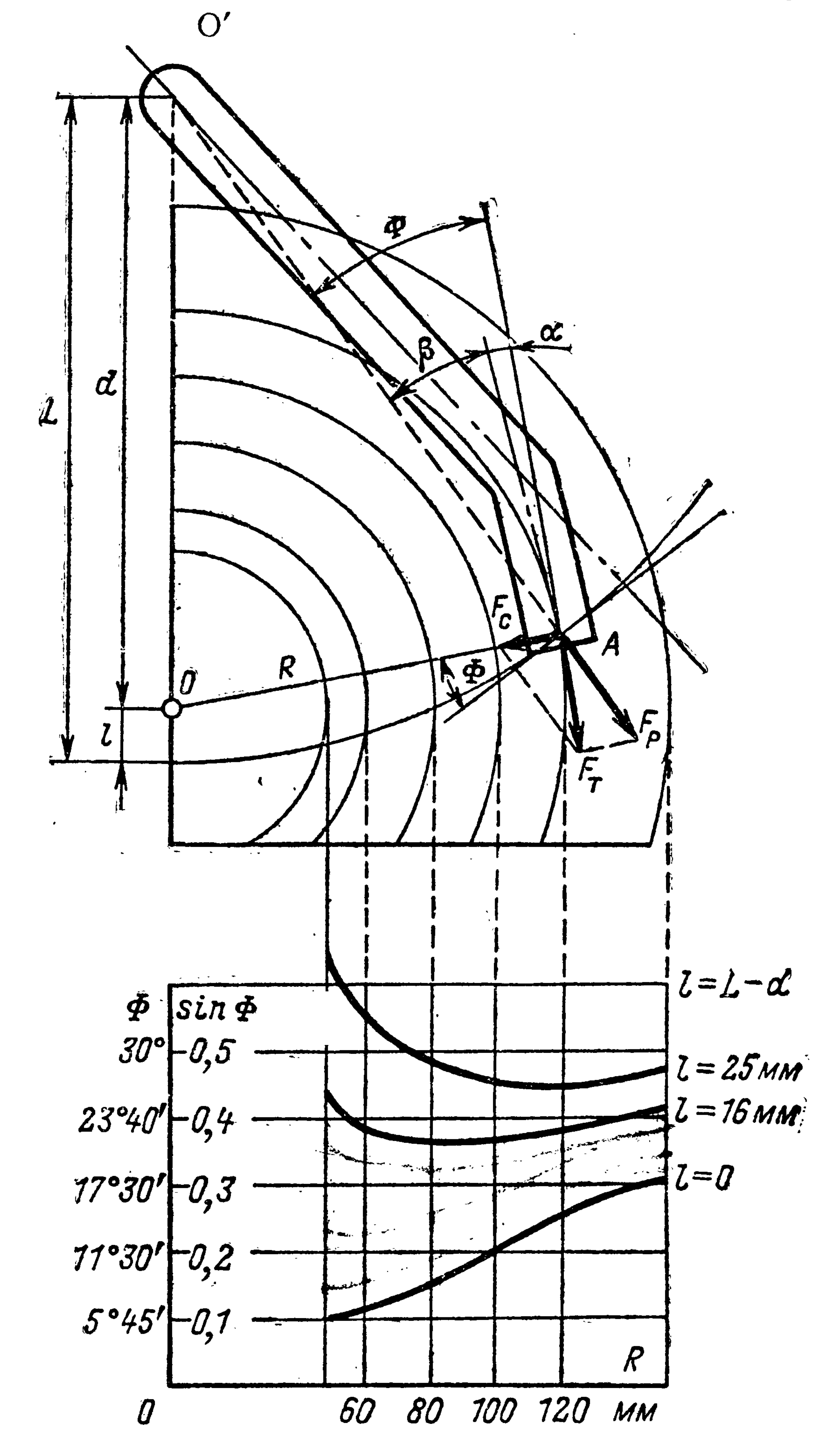


Рис. 11. Геометрические соотношения размеров звукоснимателя и проигрываемой пластинки.

к радиусу канавки R. Расчеты показывают также, что звукосниматель с углом погрешности α воспроизводит сигнал с амплитудой, увеличенной в $1/\cos\alpha$ раз.

Таким образом, чтобы снизить нелинейные искажения, вносимые тонармом рычажного типа, следует найти условия, при которых отношение α/R будет наименьшим при всех возможных значениях радиуса канавки. Этот радиус, как известно, для пластинок на $33\,^1/_3$ об/мин формата 30 меняется от 60 до 145 мм, а для пластинок на 45 об/мин формата 17 от 53 до 84 мм. Величина отношения α/R обусловлена конструктивными размерами тонарма (графики на рис. 11): расстоянием L от вертикальной оси вращения тонарма до острия иглы, называемым рабочей длиной тонарма, углом коррекции тонарма β, а также расстоянием d между вертикальной осью вращения тонарма и осью вращения пластинки, называемым установочной базой.

Практика показала, что при геометрическом расчете тонарма следует задаться какой-либо из этих величин и, исходя из нее, определить остальные размеры его. Чаще всего задаются установочной базой d, которую следует выбирать как можно большей, потому что с увеличением этого расстояния увеличивается также радиус дуги OB (рис. 9) и она все больше приближается к прямой, а следовательно, уменьшаются и угловые искажения. Однако увеличивать расстояние d можно лишь до определенных пределов, ограничиваемых габаритными размерами проигрывателя; поэтому в своем расчете примем это расстояние равным 215 мм, что существенно больше, чем у проигрывателей типа II-ЭПУ-52С (175 мм), применяемых в радиолах «Симфония» и «Эстония-стерео», и несколько больше, чем у проигрывателя I-ЭПУ-73С (195 мм).

Из треугольника $OO'A$ (рис. 11) следует:

$$d^2 = L^2 + R^2 - 2RL\cos(90 - \Phi),$$

откуда

$$\sin\Phi = \frac{L^2 - d^2 + R^2}{2RL}.$$

На графике рис. 11 показана зависимость угла Φ и $\sin\Phi$ от радиуса R канавки пластинки при неизменном d и разных L. Из графика следует, что рациональным выбором длины тонарма можно значительно сузить пределы изменений угла Φ, чтобы иметь возможность наиболее эффективно компенсировать его углом коррекции β и тем самым свести угловые искажения к минимуму.

На рис. 12 приведена более точная зависимость угла Φ от радиуса проигрываемой канавки при оптимальной величине (16 мм) выноса иглы за центр вращения пластинки (средняя кривая нижнего графика на рис. 11). Как видно из графика, при изменении радиуса канавки от 53 до 140 мм угол Φ изменяется на

$$24°35' - 21°50' = 2°45'.$$

Напомним, что $\Phi = \beta + \alpha$, где β — величина постоянная. Таким образом, пользуясь этой кривой, можно так выбрать угол коррекции β, чтобы его величина лежала где-то посредине между пределами изменений угла Φ. В данном случае угол β следует установить равным 22°40′; при этом значения отклонений угла Φ в большую или меньшую сторону от угла коррекции и будут углом погрешности α, изменяющимся в зависимости от изменений R.

При угле коррекции $\beta = 22°40'$ угол погрешности α при двух значениях радиуса R_1, равных 64 и 119 мм, становится равным нулю, а абсолютная величина α не превышает 1°55′ (при радиусе 140 мм).

Таким образом, задавшись $d = 215$ мм и определив оптимальную величину выноса иглы за центр пластинки $l = 16$ мм, мы опре-

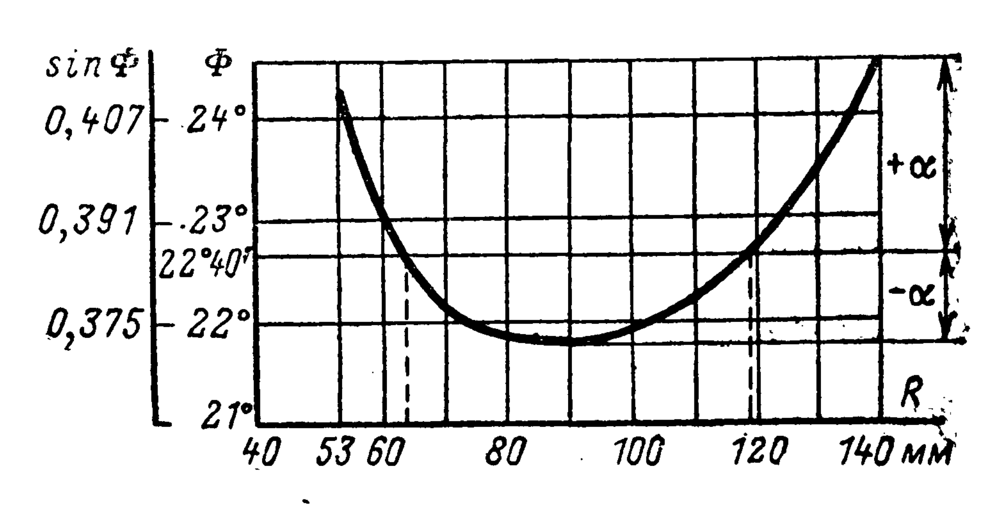


Рис. 12. Угловая погрешность тонарма длиной $L = 231$ мм при установочной базе $d = 215$ мм.

делили рабочую длину тонарма $L = 215 + 16 = 231$ мм при угле коррекции $\beta = 22°40'$. Эти размеры тонарма в настоящее время стандартизованы ГОСТ 8383-66.

Зависимость нелинейных искажений, обусловленных второй гармоникой, от радиуса проигрываемой канавки для рассчитанного тонарма приведена на рис. 13.

График получен на основании расчета по формулам [Л. 2] $k_2 = 6{,}3\frac{\alpha}{R}$, %, для пластинок на $33^1/_3$ об/мин и $k_2 = 4{,}65\frac{\alpha}{R}$; для пластинок на 45 об/мин для амплитуды записи 20 мкм и частоты 1 000 Гц. Эти условия соответствуют амплитуде колебательной скорости записи 12,5 см/с, что несколько превышает допустимые значения по ГОСТ 7893-72 10 см/с для частоты вращения $33^1/_3$ об/мин и 12 см/с для 45 об/мин.

Из графика видно, что для данного тонарма нелинейные искажения не превышают 0,86%. Для сравнения укажем, что нелинейные искажения тонармов радиол «Симфония» и «Эстония-стерео», рассчитанные по тем же формулам, составляют 1,25%.

В последнее время за рубежом появился тонарм с автоматической компенсацией угловой погрешности; конструкция такого тонарма схематически изображена на рис. 14. При таком тонарме игла звукоснимателя хотя и перемещается по дуге OB, но благодаря наличию дополнительной тяги A продольная ось головки располагается все время по касательной к канавке пластинки в месте контакта ее с иглой, в связи с чем угол погрешности α не превышает ±10′. Однако такая конструкция тонарма требует применения особо точных подшипников, так как этот тонарм вместо одной вертикальной оси вращения содержит четыре такие оси (шарнира), что увеличивает силу трения, которую надо преодолевать для перемещения головки в горизонтальной плоскости. Поэтому рекомендовать изготовление такого тонарма в любительских условиях вряд ли целесообразно.

Конструктивные особенности тонарма рычажного типа, обусловленные стремлением обеспечить минимальную угловую погрешность, а именно необходимость изгиба тонарма в соответствии с углом коррекции и вынос иглы за центр пластинки, вызывают возникновение так называемой скатывающей силы.

Вернемся к рис. 11, где показана сила тяги $F_т$, воздействующая на иглу при вращении пластинки и направленная по касательной к канавке пластинки в точке контакта ее с иглой. Составляющими

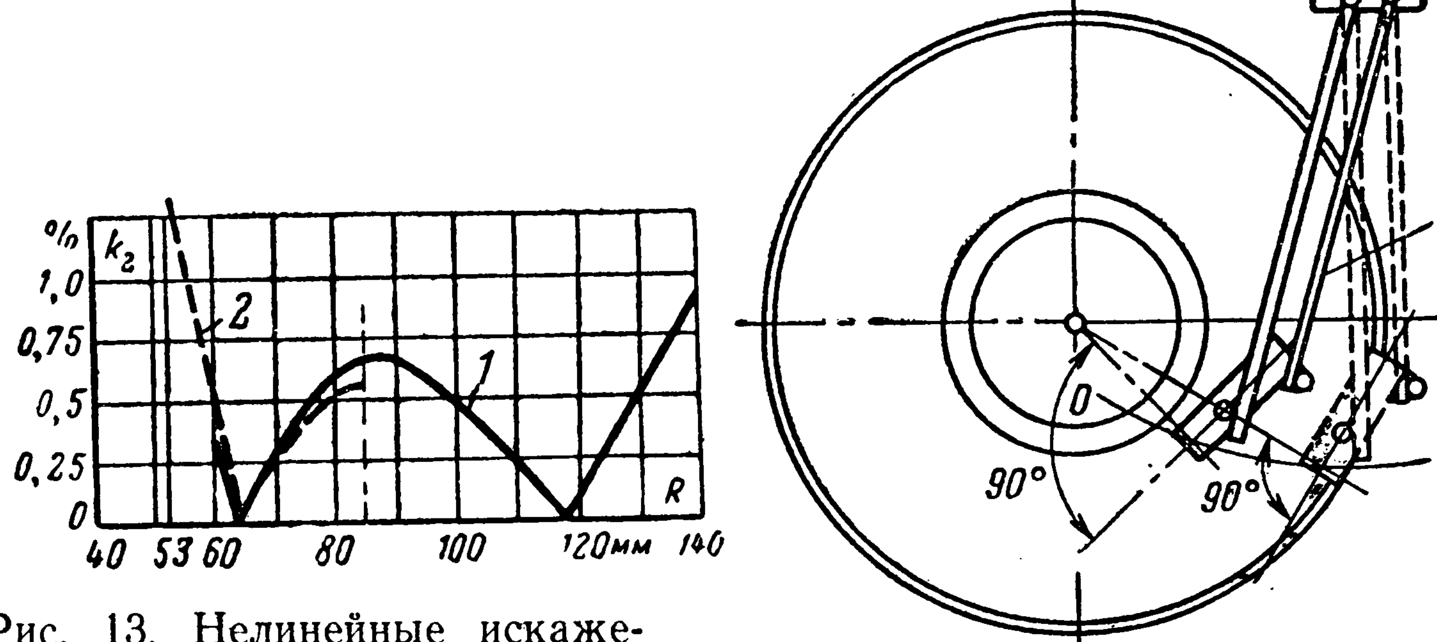


Рис. 13. Нелинейные искажения от второй гармоники для тонарма ($L=231$ мм; $d=215$ мм; $\beta=22°40'$).

1 — для пластинок на 33 $^1/_3$ об/мин;
2 — для пластинок на 45 об/мин.

Рис. 14. Схематическое изображение звукоснимателя с автоматической компенсацией угловой погрешности.

этой силы будут являться сила $F_р$, уравновешиваемая жесткой связью тонарма, и сила $F_с$, направленная по радиусу к центру пластинки и называемая скатывающей силой. Наличие скатывающей силы приводит к увеличению давления иглы на внутреннюю стенку канавки и уменьшению давления ее на наружную стенку. Следствием этого являются повышенный износ внутренней стенки канавки пластинки и неравномерный износ иглы (особенно эллиптической), а также (особенно при малом приведенном весе звукоснимателя) недостаточное прилегание иглы к внешней стенке канавки, что может привести к искажениям в правом канале воспроизведения. Из сказанного видно, что в высококачественных звукоснимателях следует принимать меры к нейтрализации скатывающей силы, которая, как показали исследования [Л. 13], зависит от соотношения геометрических размеров тонарма, незначительно зависит от расстояния от иглы до центра пластинки в процессе проигрывания и практически не зависит от частоты вращения пластинки.

В современных высококачественных звукоснимателях для компенсации скатывающей силы применяются устройства, создающие момент относительно вертикальной оси вращения тонарма, равный по величине и направленный противоположно моменту, создаваемому скатывающей силой относительно той же оси. Момент, уравновешивающий скатывающую силу, создают либо при помощи грузика, либо специально оттарированной пружиной. В любительских

конструкциях предпочтительнее использовать грузик, так как точно оттарировать пружину довольно трудно.

Определим величину скатывающей силы для рассчитанного ранее тонарма. Из параллелограмма сил на рис. 11 следует, что $F_с=F_т \operatorname{tg}\Phi$. Принимая во внимание, что сила тяги $F_т$ равна произведению приведенного веса звукоснимателя на коэффициент трения k между иглой и пластинкой, можно записать:

$$F_с = kG \operatorname{tg}\Phi.$$

Учитывая малость угла погрешности α, с достаточной степенью точности можно считать угол Φ равным углу коррекции β. Таким образом,

$$F_с = kG \operatorname{tg}\beta.$$

Экспериментально установлено, что коэффициент трения при движении модулированной канавки стереопластинки относительно иглы со сферическим острием (конической) равен примерно 0,3, а относительно иглы с эллиптическим острием 0,45—0,48; поэтому

$$F_с = 0,3G \operatorname{tg} 22°\,40' = 0,125G \text{ для конической иглы;}$$

$$F_с = 0,48G \operatorname{tg} 22°\,40' = 0,2G \text{ для эллиптической иглы.}$$

На рис. 15 показана зависимость скатывающей силы от приведенного веса звукоснимателя, полученная экспериментально для тонарма с размерами, примерно соответствующими принятым нами. Некоторый разброс величин (заштрихованные зоны) объясняется тем, что измерения проводились на большом количестве различных пластинок; при этом коэффициент трения k, естественно, колебался в некоторых пределах. График показывает, что экспериментальные данные хорошо согласуются с расчетными. На графике на рис. 16 показано относительное изменение величины скатывающей силы при изменении радиуса канавки проигрываемой пластинки.

Как видно из графика, изменение скатывающей силы сравнительно невелико (не превышает 15%) и поэтому может не приниматься во внимание. Тем не менее рациональным выбором направления действия компенсирующей силы (это будет более подробно рассмотрено в разделе «Наладка и регулировка проигрывателя») это изменение можно в значительной степени компенсировать.

Проведем расчет массы грузика компенсатора скатывающей силы для тонарма с головкой, снабженной иглой со сферическим острием, требующей приведенного веса

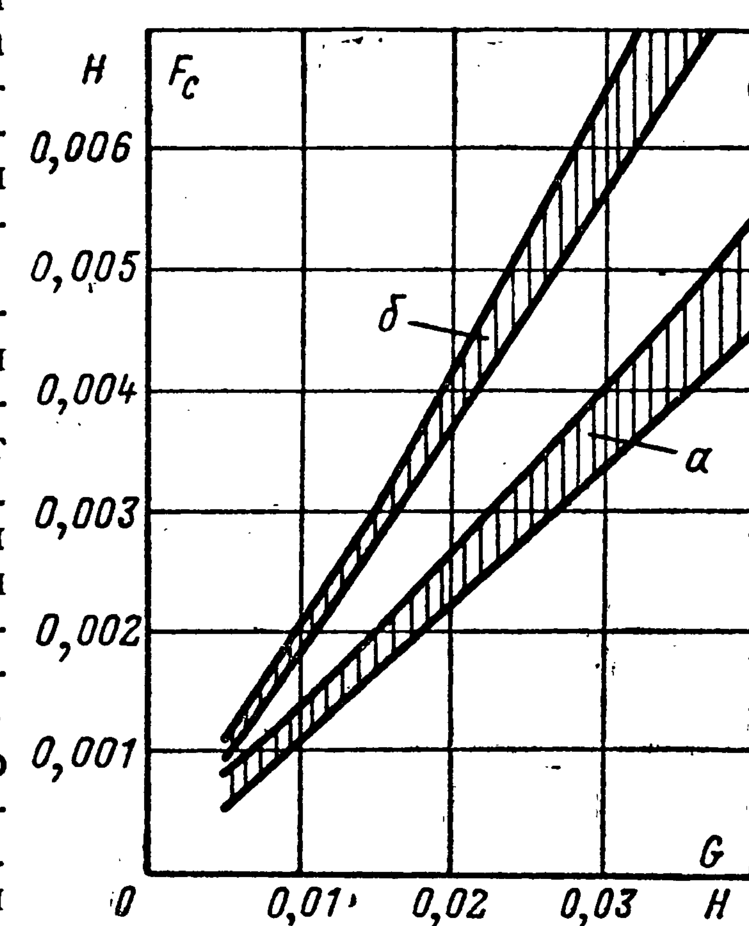


Рис. 15. Зависимости скатывающей силы от приведенного веса для сферического (*а*) и эллиптического (*б*) острий иглы.

примерно 2 г. Из графика на рис. 15 или расчетом определяем, что величина скатывающей силы F_c в этом случае составляет 0,0025 Н. По конструктивным соображениям для принятого нами тонарма выгоднее приложить компенсирующую силу на плече, равном примерно 1/10 длины тонарма. Из уравнения моментов $F_c L = GL/10$ определяем приведенный вес грузика компенсатора $G_к = 10F_c$.

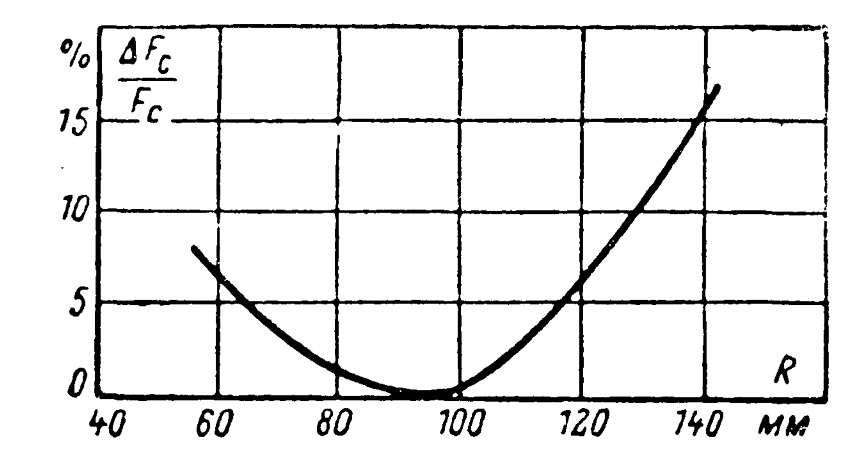


Рис. 16. Относительное изменение скатывающей силы при изменении радиуса канавки.

Таким образом, приведенный вес грузика $G_к = 10 \cdot 0{,}0025 = 0{,}025$ Н (около 2,5 г). Аналогично определим приведенный вес грузика компенсатора для любого приведенного веса звукоснимателя.

УСТРОЙСТВО ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Проигрыватель состоит из пяти основных узлов: электродвигателя с системой подвески, диска с подшипником, звукоснимателя, микролифта — устройства для плавного опускания иглы на пластинку и ящика с крышкой. Внешний вид проигрывателя показан на рис. 17 и 18, конструктивные чертежи общего вида — на рис. 19—21. Чертежи деталей приведены на рис. 1—13 приложения; при этом нумерация деталей в приложении соответствует позициям этих деталей на чертежах на рис. 19—21.

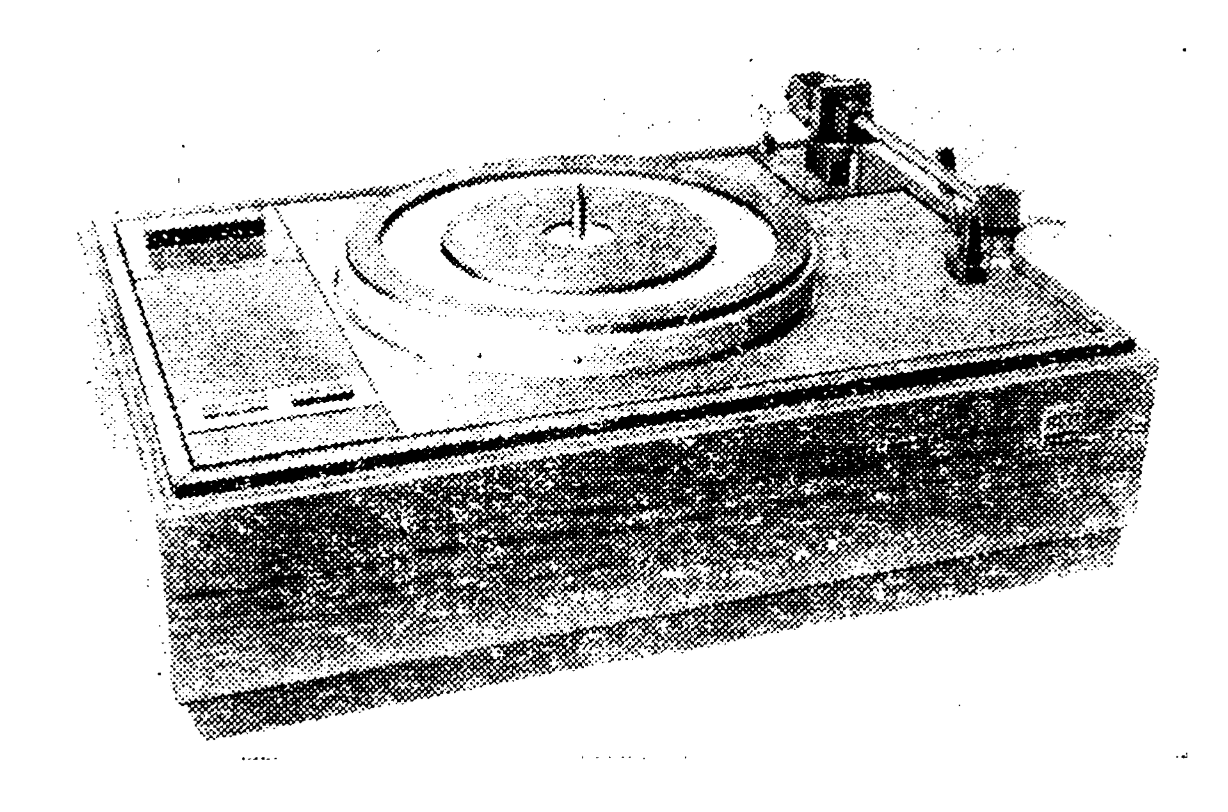
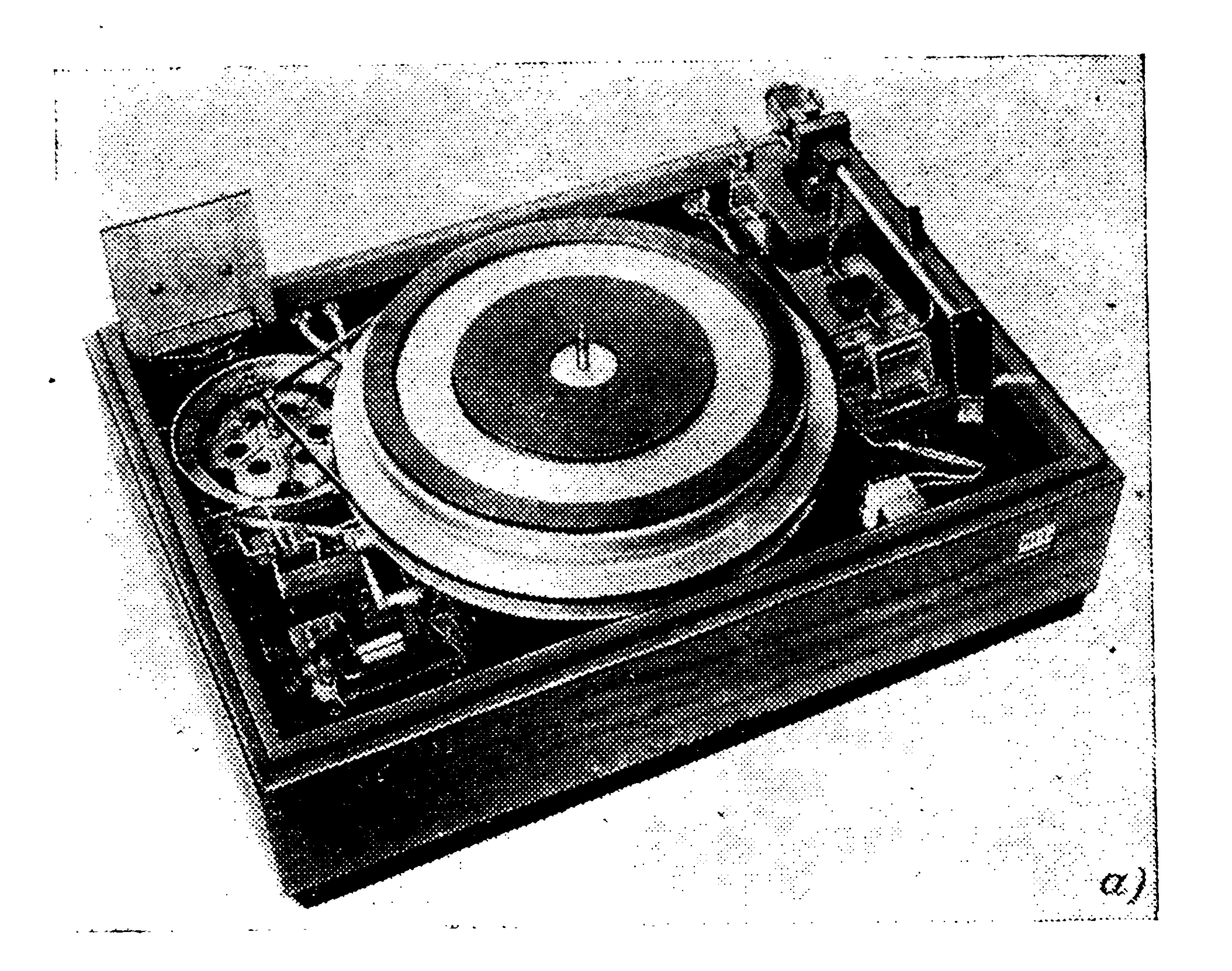


Рис. 17. Общий вид проигрывателя.



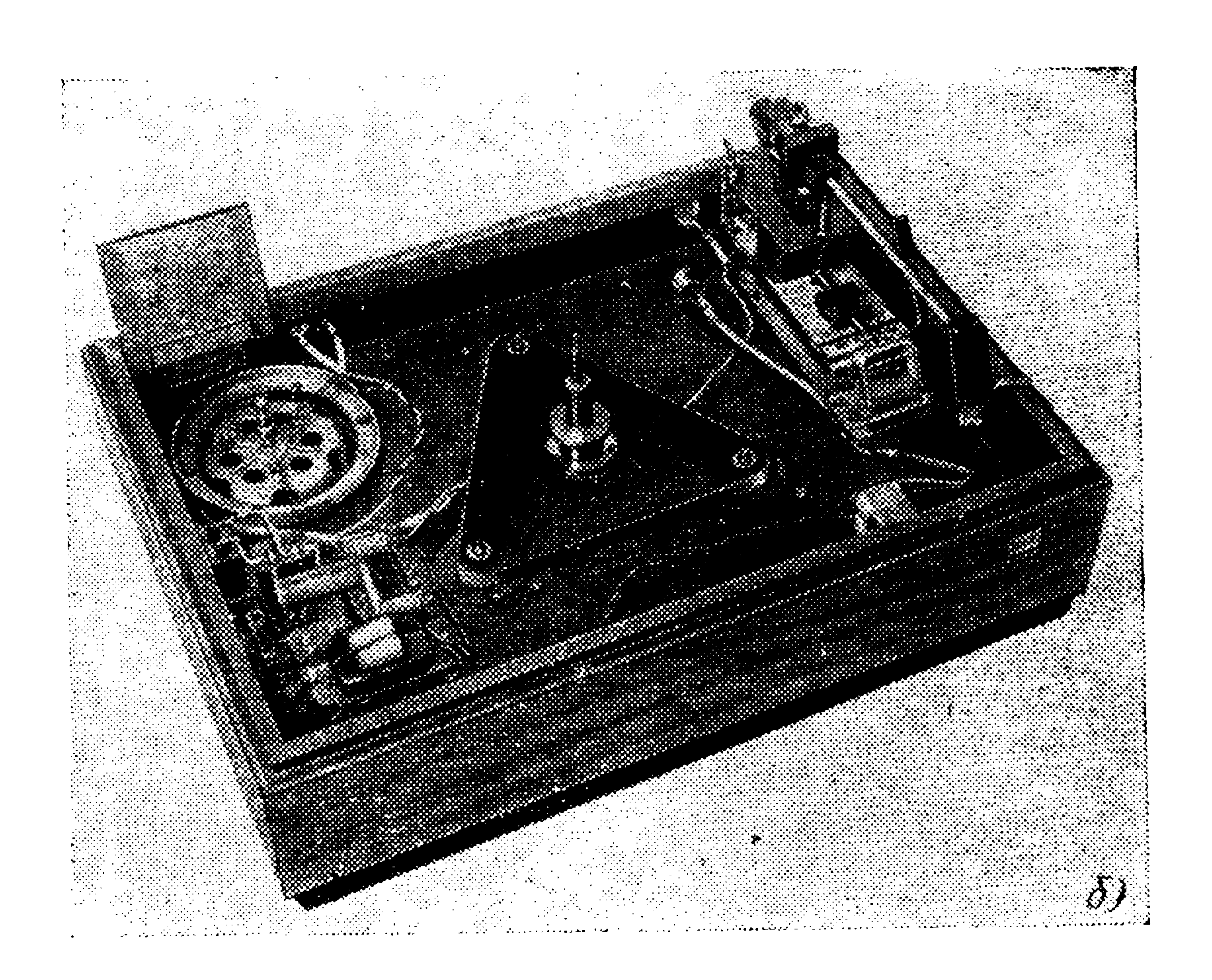


Рис. 18. Проигрыватель.

а — со снятой декоративной панелью; б — со снятыми диском и пасиком.

4—42

Электродвигатель *48* помещен внутри кольца *45*, закрепленного с помощью шпилек *47* (М3×35 мм) на несущей панели *36*, и растянут пружинами *7*, как показано на рис. 20. Кроме того, электродвигатель опирается на платформу *49* и вместе с ней подвешен к кольцу *45* на четырех резиновых шнурах *50* диаметром 2,5—3 мм (можно использовать подходящий магнитофонный пасик). Верхние концы шнуров заделаны в кабельные наконечники *50а* под винт М3. Платформа *49* является балластом, увеличивающим массу электро-

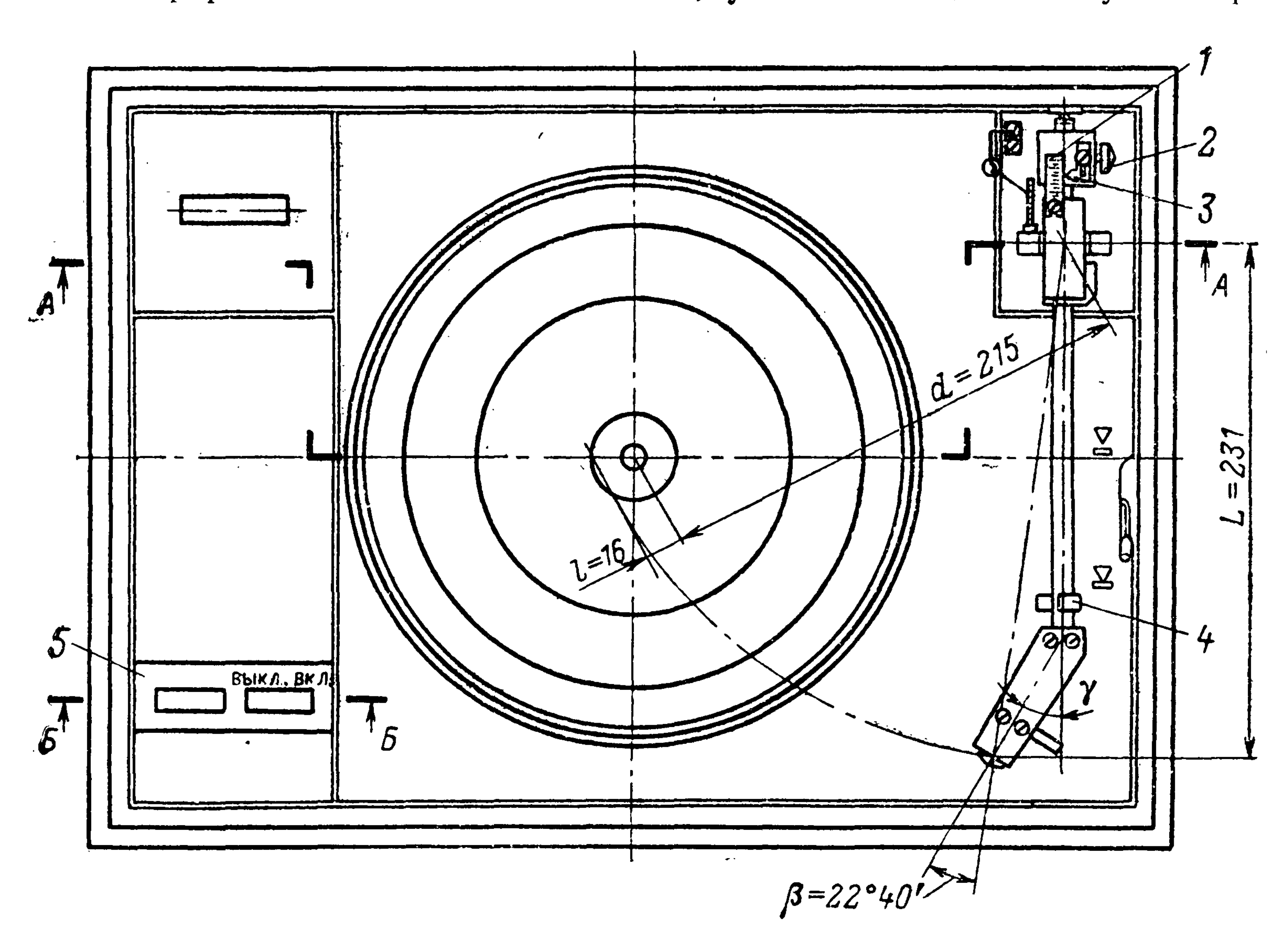


Рис. 19. Конструкция проигрывателя. Вид сверху. Крышка не показана.

двигателя и, следовательно, способствующим гашению его вибраций. Резиновые шнуры поглощают вертикальную составляющую вибраций, а пружины — горизонтальную составляющую.

На валу электродвигателя установлена двухступенчатая насадка *12*, от которой вращение с помощью пасика *13* передается диску *14*. Установка пасика на ступень насадки диаметром 5,3 мм обеспечивает частоту вращения диска $33^1/_3$ об/мин. Перестановка пасика на ступень насадки диаметром 7,5 мм дает возможность получить частоту вращения диска 45 об/мин. При необходимости проигрывания пластинок на 78 об/мин насадка снимается и вместо нее ставится другая насадка (*12а*). Для доступа к насадке для переключения частот вращения диска следует рукояткой *10* открыть крышку *11*, которая закреплена на петле *6*. Диск *14* крепится на валу *41* и вместе с ним вращается во втулке *40*, опираясь на стальной шарик *44* диаметром 5—6 мм, помещенный в коническое углубление пяты *43*. Гайка *42* воспринимает давление диска и служит для регулирования положения диска по высоте. На верхний конец вала *41*

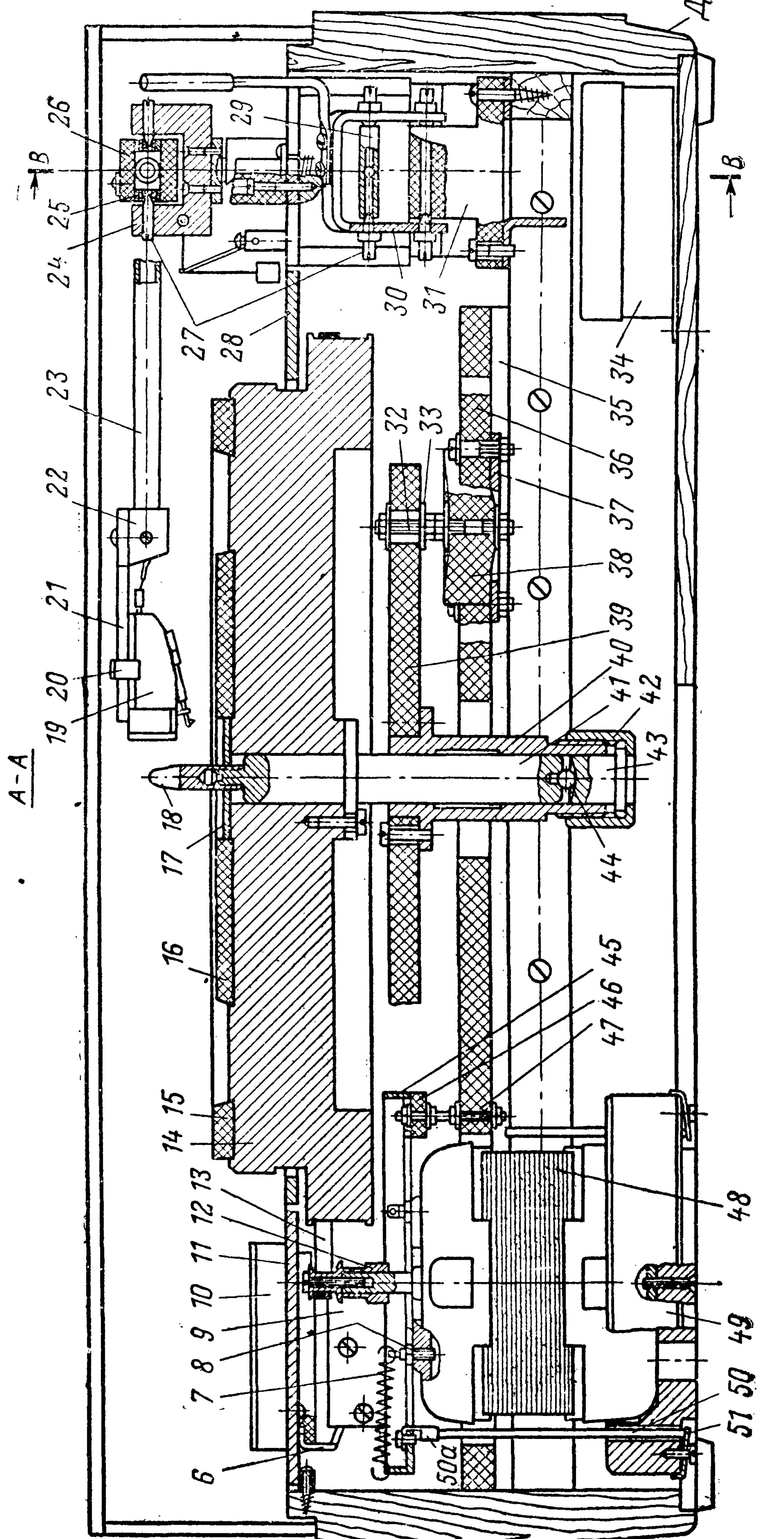


Рис. 20. Конструкция проигрывателя. Разрез по А—А (см. рис. 19).

4*

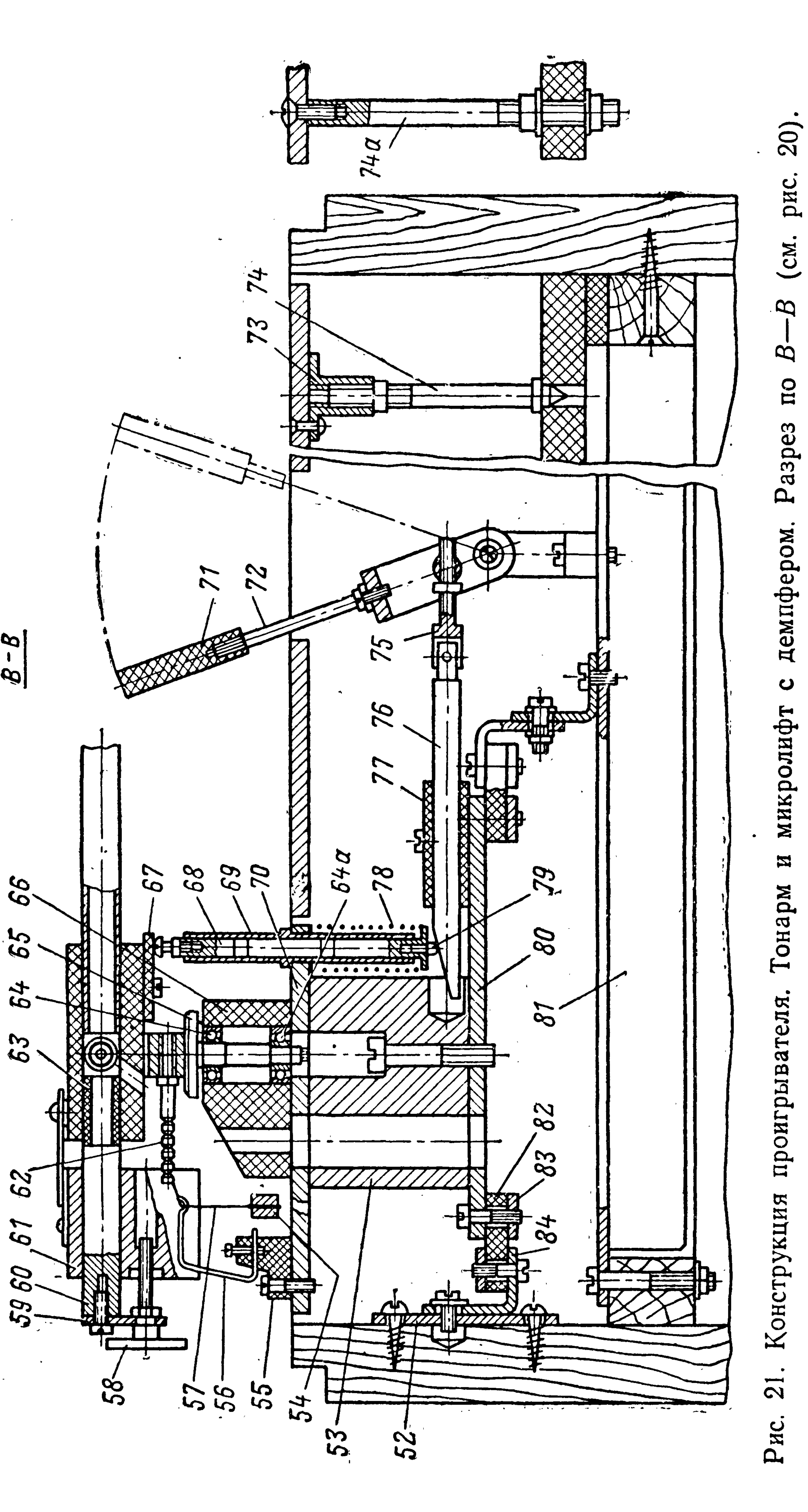


Рис. 21. Конструкция проигрывателя. Тонарм и микролифт с демпфером. Разрез по *В—В* (см. рис. 20).

с некоторым натягом надевается наконечник *18* для фиксирования пластинки. На верхней (лицевой) стороне диска имеются неглубокие проточки, в которые вставляются и приклеиваются два резиновых кольца *15* и *16*, на которые кладется пластинка. Проточка под внутреннее кольцо выполнена глубже на 0,5 мм. Это сделано для того, чтобы пластинка в основном опиралась на наружное кольцо *15*, что несколько улучшает условия проигрывания покоробленных пластинок.

В центре диска расположена декоративная шайба *17* диаметром 38 мм. Внутренний диаметр кольца *16* выбран также 38 мм для проигрывания пластинок на 45 об/мин с центральным отверстием 38,15 мм с помощью дополнительной втулки, изображенной на рис. 27, *ж*. Втулка *40* крепится к плите *39*, которая опирается на три войлочных амортизатора *38*, находящихся в гнездах несущей панели *36*. Амортизаторы опираются на фланцы *37*, прикрепленные к несущей панели. Крепление плиты *39* к амортизаторам *38* осуществляется с помощью шпилек *32* (М4×45 мм) и шайб *33* с наружным диаметром 15 и толщиной 1 мм.

Таким образом, к несущей панели крепятся два основных узла проигрывателя: электродвигатель с системой подвески и диск с подшипником. Несущая панель опирается через войлочную прокладку *35* толщиной 5 мм на бруски, привернутые изнутри к стенкам ящика проигрывателя. Кроме того, к несущей панели крепится большая декоративная панель *28*. Крепление этой панели к несущей панели *36* можно осуществить (рис. 21) либо с помощью стоек *74а*, закрепленных в несущей панели, и декоративных винтов, либо с помощью пилонов *74*, ввернутых в приклепанные к панели *28* втулки *73*.

Второй вариант представляется более предпочтительным как с точки зрения внешнего вида, так и по соображениям удобства эксплуатации, так как в этом случае легче снимать декоративную панель для наладки проигрывателя, а также при смене батарей, пасика и т. п. К декоративной панели *28* крепится стойка *4* для фиксирования тонарма в нерабочем положении. В левой нижней части панели выполнены два прямоугольных окна, в одно из которых плотно вставлен прямоугольник из органического стекла, служащий плафоном для сигнальной лампы включения проигрывателя. Для получения желаемого цвета свечения снизу к плафону прижимается цветная пленка. Второе окно служит для кнопки (клавиши) выключателя проигрывателя. Окна обрамлены рамкой *5*, на которой имеются знаки или надписи «Включено» и «Выключено». Выключатель и патрон сигнальной лампы монтируются на площадке, прикрепленной к несущей панели *36* с помощью двух шпилек (см. рис. 25).

Узел тонарма для уменьшения влияния на него вибраций от электродвигателя крепится не к несущей панели, а непосредственно к ящику через войлочные прокладки *82* (рис. 21).

Тонарм смонтирован на площадке *80*, которая с помощью угольников *84* крепится к бруску, привернутому к стенке ящика, траверсе *81* и планке *52*. На площадке закреплено массивное основание *53*, к которому через малую декоративную панель *70* крепится опора *66* тонарма с запрессованными в ней шарикоподшипниками *64* и *64а* вертикальной оси *65* тонарма.

В малой декоративной панели *70*, основании *53* и площадке *80* имеются совпадающие отверстия для проводов, идущих к головке.

К фланцу оси *65* крепится вилка *24*, в которой с помощью цапф *27* подвижно закреплен корпус *26* с запрессованными в него шарикоподшипниками *25* горизонтальной оси вращения тонарма. В корпусе *26* крепятся трубка *23* и рычаг *60* противовеса *61*.

В корпусе имеется также отверстие для прохода проводов, идущих к головке звукоснимателя. На другом конце трубки *23* крепится держатель головки, состоящий из сухаря *22* и пластины *21*. В пластине *21* имеются два отверстия диаметром 2,7 мм. Расстояние между отверстиями равно 12,7 мм, что соответствует международному стандартному размеру для крепления головок с помощью двух винтов М2,5. Этот же крепежный размер имеет магнит-

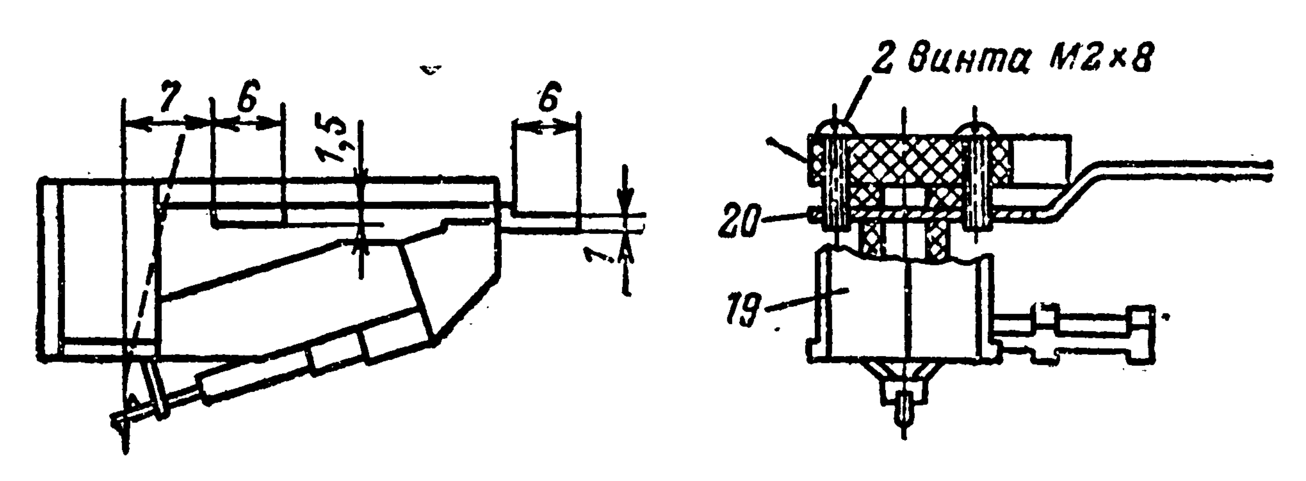


Рис. 22. Крепление головки ГЗК-62М к тонарму (позиции соответствуют рис. 20).

ная головка ГЗУМ-73С радиолы «Виктория». В случае использования пьезоэлектрической головки ГЗК-62М радиолы «Симфония» целесообразно крепить ее также через указанные отверстия способом, указанным на рис. 22, для чего в корпусе головки проделывается прямоугольное отверстие размером 1,5×6 мм.

Переднюю часть корпуса этой головки можно удалить, как указано пунктиром на рис. 22, для уменьшения массы головки. Выводные штырьки контактов головки следует аккуратно подпилить надфилем до сечения 0,5×1 мм, а провода к головке крепить с помощью пружинных контактов от панели пальчиковой радиолампы. С помощью этих же контактов следует крепить провода и к магнитной головке.

Разумеется, радиолюбитель может закрепить головку от «Симфонии» и каким-либо другим способом по своему усмотрению, в том числе используя, например, держатель головки от проигрывателя II-ЭПУ-32С или II-ЭПУ-52С. В этом случае следует обязательно учитывать различие в углах коррекции тонармов упомянутых проигрывателей и описываемого проигрывателя.

В тонарме предусмотрено устройство для регулирования приведенного веса звукоснимателя в пределах от нуля до 4—6 г. Желаемая установка приведенного веса производится перемещением противовеса *61* по рычагу *60* с помощью винта *58*. Рычаг *60* крепится в корпусе *26* через демпфер *63*, представляющий собой отрезок резиновой трубки наружным диаметром 8 мм с толщиной стенки 1,5 мм. Трубка *63* приклеивается к корпусу *26* клеем 88Н. Шкала *1* с нанесенными на нее значениями приведенного веса крепится на корпусе *26*, а указатель *3* — на противовесе. Винт *2* служит для фиксирования противовеса на рычаге. Тонарм снабжен также уст-

ройством для компенсации скатывающей силы с помощью металлического грузика *54*, подвешенного на капроновой нити *57*, которая закреплена в проточке поводка *62*, ввернутого в вилку *24*; нить пропущена через ушко проволочного кронштейна *56*, изменяющего направление действия грузика. Кронштейн подвижно закреплен в держателе *55*, привернутом к малой декоративной панели *70*, и фиксируется винтом М2.

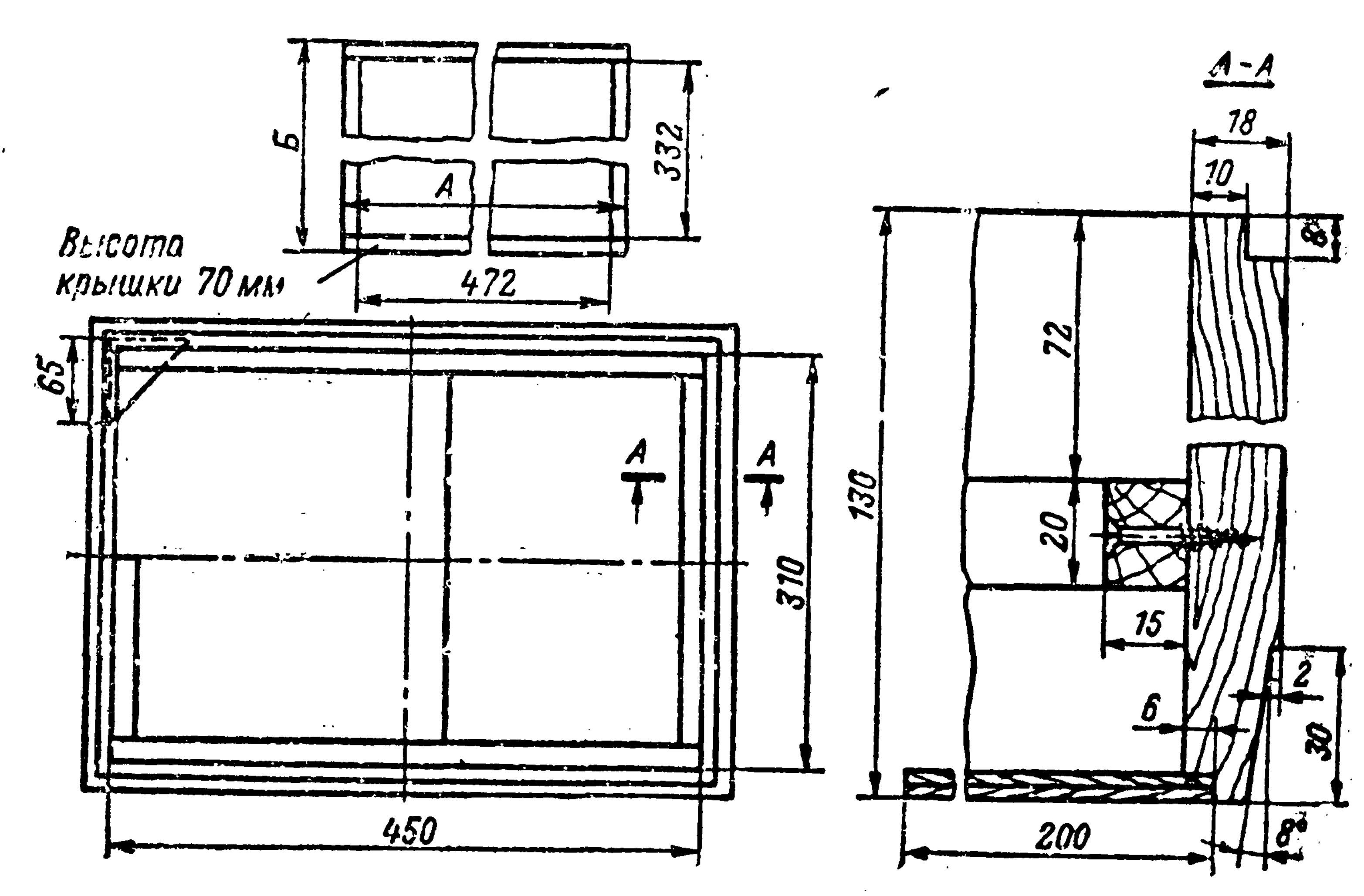


Рис. 23. Ящик и крышка проигрывателя.

Устройство компенсации скатывающей силы позволяет путем закрепления нити в разных проточках поводка *62* в некоторых пределах менять момент от воздействия давления грузика. Для обеспечения плавного опускания головки на пластинку, а также для устранения возможности повреждений как пластинки, так и иглы при неаккуратном опускании звукоснимателя на пластинку в проигрывателе имеется так называемый микролифт, состоящий из штока *68*, имеющего возможность свободно перемещаться во втулке *69*, закрепленной на малой декоративной панели. Зазор между штоком и втулкой заполнен вязкой невысыхающей жидкостью. На верхний конец штока через регулировочный винт может опираться тонарм через накладку *67*. Нижний конец штока с помощью пружины *78* постоянно соприкасается со скосом толкателя *76*, связанного шатуном *75* через ось *29* со скобой *30*, к которой крепится рычаг *72* с рукояткой *71*.

Скоба *30* подвижно закреплена в кронштейне *31* с помощью цапф.

Толкатель *76* может совершать возвратно-поступательное движение в отверстии сухаря *77*. При резком перемещении рукоятки *71* вправо (см. рис. 21) толкатель *76* также движется вправо и его скос на какое-то время выходит из соприкосновения со штоком *68*. На шток сверху вниз действует нагрузка, определяемая весом то-

нарма и усилием пружины *78*. Под действием этой нагрузки шток и опирающийся на него тонарм опускаются, но благодаря вязкости жидкости, находящейся в зазоре между штоком *68* и втулкой *69*, опускание происходит достаточно медленно и плавно. После соприкосновения иглы с пластинкой опускание тонарма прекращается, а шток *68* продолжает двигаться вниз под действием пружины *78* до тех пор, пока не упрется в скос толкателя *76*.

При перемещении рукоятки *71* влево скос толкателя *76* заставляет шток *68* двигаться вверх; при этом шток упирается в накладку *67* и поднимает тонарм.

Проигрыватель помещен в деревянный ящик (рис. 23). Дно ящика выполнено не сплошным, исходя из условий свободного доступа к гайке *42* при регулировке положения диска *14* по высоте и улучшения охлаждения электродвигателя.

Для установки проигрывателя на резиновых или войлочных амортизаторах, крепящихся ко дну, в левой части ящика снизу предусмотрены угольники. К какой-либо из стенок ящика крепится пятиштырьковый штепсельный разъем для подсоединения проигрывателя к усилителю низкой частоты или магнитофону. Применение трехштырькового разъема нежелательно, так как он не дает возможности непосредственно подключать проигрыватель к магнитофонам зарубежного производства. В стенке ящика может быть также установлен разъем питания проигрывателя.

Для защиты проигрывателя от пыли ящик желательно снабдить крышкой, которая может быть либо съемной, либо закрепленной на петлях и фиксируемой в открытом положении.

В большинстве случаев применяются съемные крышки из-за опасности случайного падения откидной крышки на тонарм. Кроме того, съемная крышка проще благодаря отсутствию петель и устройству фиксации.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

В описываемом проигрывателе для вращения диска используется электродвигатель АД-5 на напряжение сети 127 В. Может быть применен также электродвигатель КД-3,5 или КД-6-4.

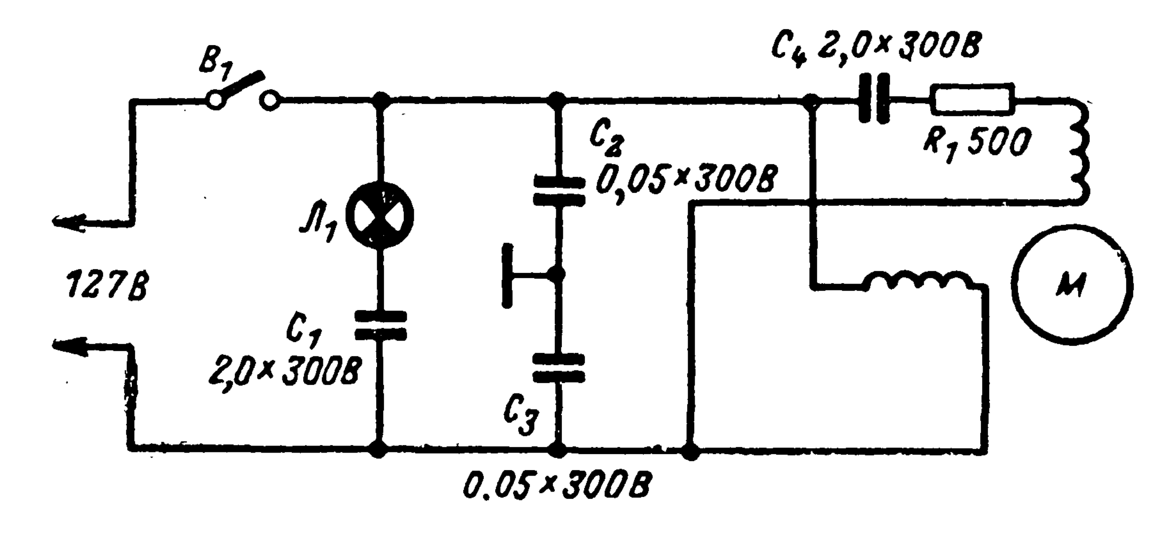


Рис. 24. Схема включения электродвигателя АД-5.

Схема включения электродвигателя приведена на рис. 24. Проволочный резистор R_1 и конденсатор C_4 образуют фазосдвигающую цепочку электродвигателя. Для сигнализации о включении проигрывателя служит сигнальная лампа $Л_1$, включенная на напряжение сети 127 В через конденсатор C_1. Применение конденсатора дает возможность использовать малогабаритную лампу типа МН-26 0,12-1, рассчитанную на напряжение питания 26 В. Конденсаторы C_2 и C_3 служат фильтрами сетевых помех. Расположение элементов электрической схемы на несущей панели *36* показано на рис. 18.

Расположение выключателя и лампы относительно несущей панели *36* и декоративной панели *28* показано на рис. 25. Выключатель и патрон лампы крепятся на площадке из текстолита, гетинакса или органического стекла. Площадка крепится к несущей панели двумя

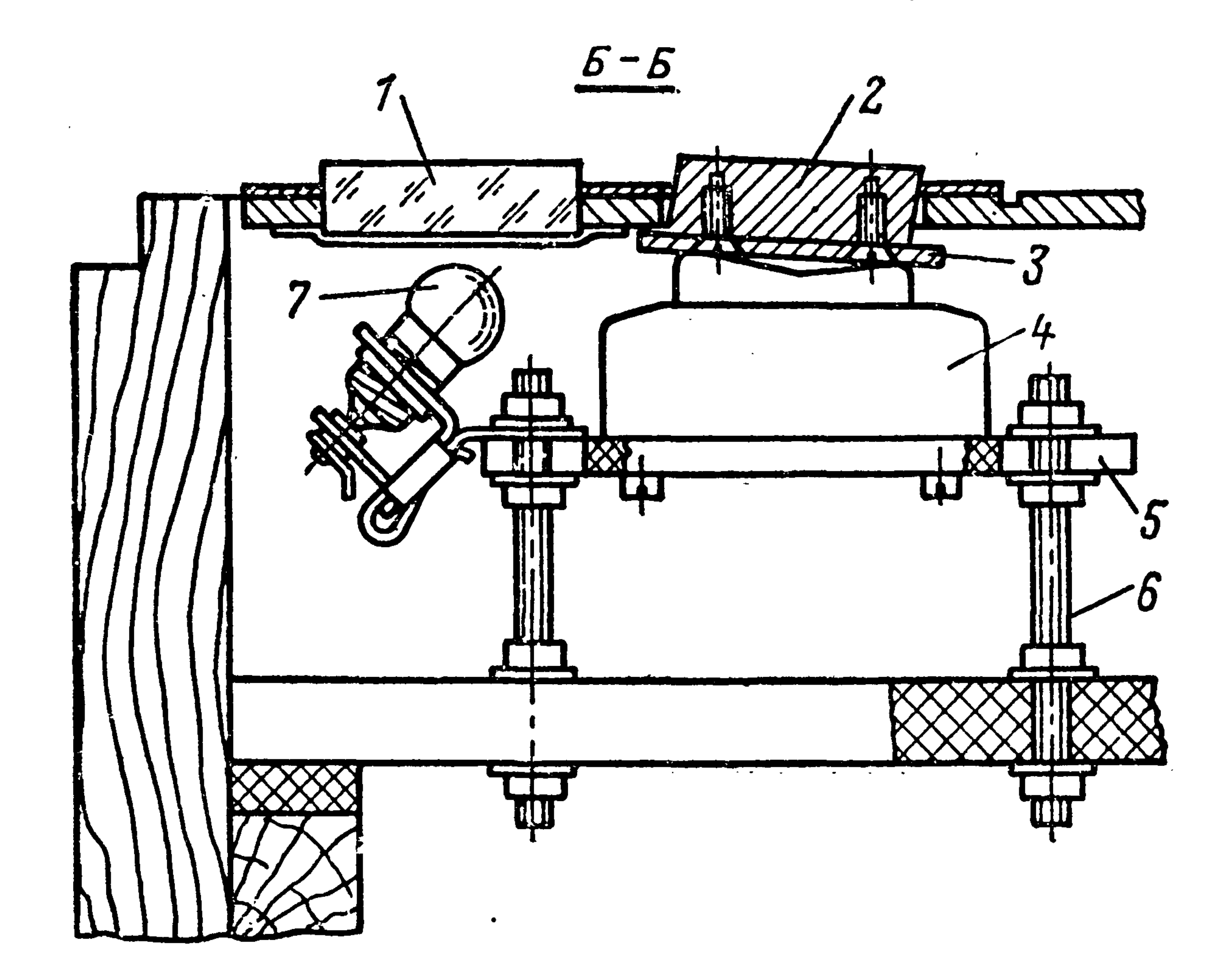


Рис. 25. Установка выключателя и сигнальной лампы. Разрез по *Б—Б* (см. рис. 19).

1 — плафон (органическое стекло); *2* — клавиша (эбонит); *3* — планка (текстолит); *4* — выключатель; *5* — площадка (текстолит, органическое стекло, гетинакс); *6* — шпилька (сталь), 2 шт.; *7* — лампа.

шпильками М4×55, что дает возможность регулировать положение площадки по высоте. Привод выключателя осуществляется через клавишу. Такой способ обеспечивает свободное снятие декоративной панели *28*. Все крупные металлические детали и узлы (корпус электродвигателя, узел диска с подшипником, основание *53*, трубка тонарма и т. п.) должны быть заземлены.

В случае применения магнитной головки необходим предварительный усилитель-корректор, который желательно располагать как можно ближе к головке. Его удобно разместить под узлом крепления тонарма. Схема предварительного усилителя-корректора приведена на рис. 26.

Корректор состоит из двух одинаковых каналов, имеющих общий источник питания (на рис. 26 изображен один канал). Каждый канал представляет собой двухкаскадный усилитель с частотно зависимой отрицательной обратной связью. Каждый канал на ча-

стоте 1 000 Гц развивает на выходе напряжение 70 мВ при входном сигнале 2 мВ. Ограничение выходного сигнала наступает при напряжении сигнала на входе 30 мВ. Отклонение частотной характеристики усилителя от стандартной характеристики не превышает ±1 дБ в диапазоне частот 20—20 000 Гц. Уровень шумов при отсутствии сигнала на входе не хуже —60 дБ. Входное сопротивление усилителя 47 кОм. Потребляемый ток не превышает 5 мА. В усилителе применена непосредственная связь между каскадами, что резко снижает фазовые и частотные искажения усиливаемого сигнала. Стабилизация режима работы усилителя осуществляется отрица-

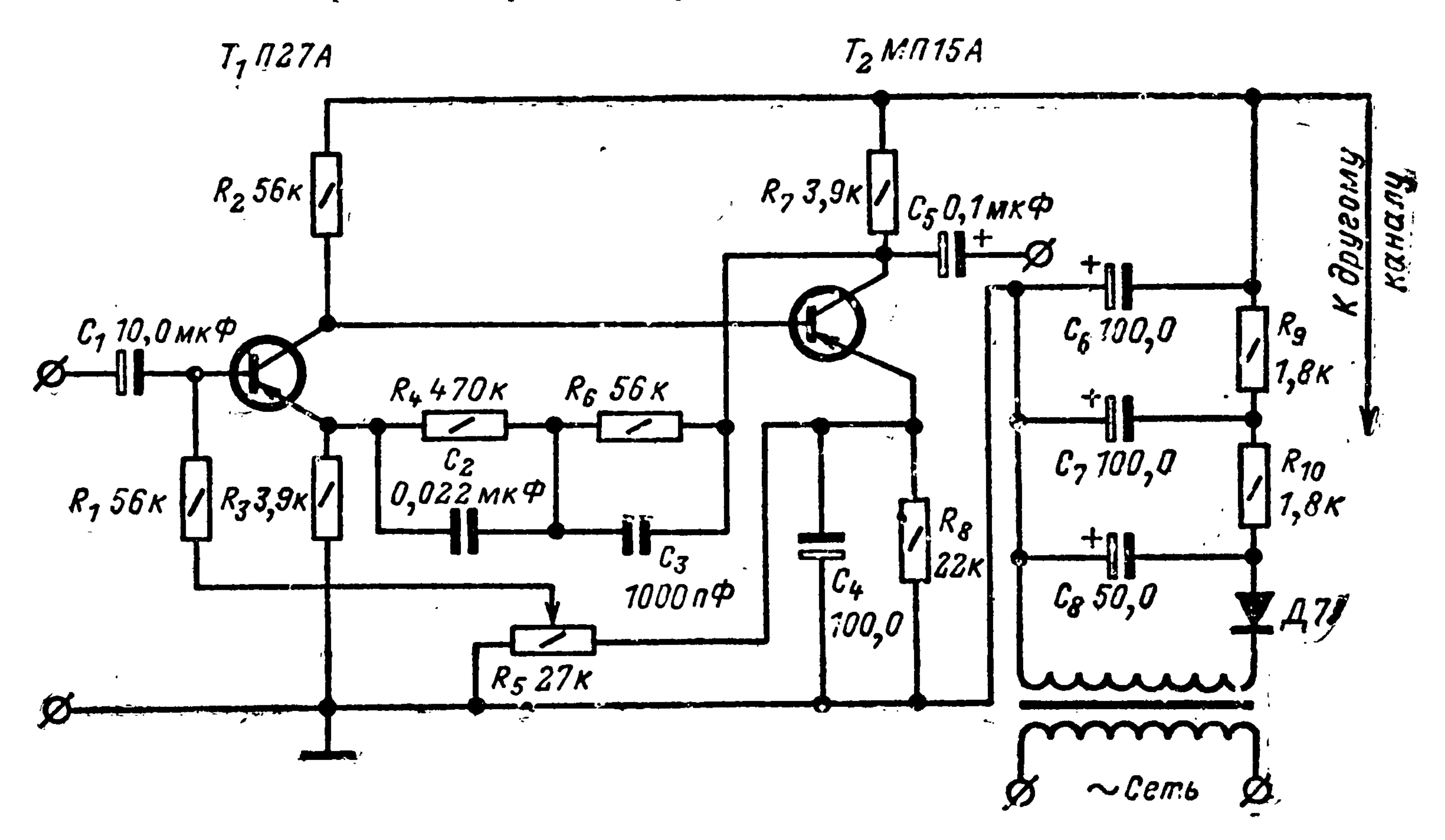


Рис. 26. Схема предварительного усилителя-корректора.

тельной обратной связью по постоянному току через резисторы R_1, R_5 с эмиттера транзистора T_2 на базу транзистора T_1.

Необходимая форма частотной характеристики определяется цепочкой C_2, R_4, C_3, R_6, включенной между коллектором транзистора T_2 и эмиттером транзистора T_1. Резистор R_5 используется при регулировке. Изменением его сопротивления добиваются минимальных нелинейных искажений.

Источник питания представляет собой однополупериодный выпрямитель с двухзвенным *RC*-фильтром. В качестве источника питания могут также быть использованы шесть последовательно включенных батарей 3336Л или три батареи «Крона». В случае применения батарей их включение следует производить только на время работы проигрывателя с помощью дополнительного выключателя. Для этой цели площадку *5* (см. рис. 25) следует сделать более широкой и разместить на ней дополнительный выключатель рядом с первым или применить сдвоенный выключатель. Планку, привернутую к клавише снизу, также следует в этом случае сделать несколько шире, чтобы нажатием клавиши обеспечить срабатывание обоих выключателей.

Усилитель должен быть тщательно экранирован, для чего плата усилителя должна быть помещена в заземленную коробку-экран из

отожженного пермаллоя или листовой стали толщиной 0,5 мм. Применение предварительного усиления желательно и при применении пьезоэлектрических головок. Этот вопрос подробно рассмотрен в [Л. 17]. Там же приведена схема усилителя, предназначенного для работы как с магнитной, так и с пьезоэлектрической головкой.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Работоспособность данной конструкции проигрывателя подтверждена многолетней эксплуатацией нескольких экземпляров этого аппарата. Поэтому при изготовлении проигрывателя следует точно придерживаться размеров и допусков, указанных в чертежах деталей. В то же время это не значит, конечно, что радиолюбитель не может по своему усмотрению и вкусу выполнить какие-либо детали и узлы иначе, чем в описываемой конструкции. Поэтому здесь приводятся лишь общие технологические советы и описания тех приемов изготовления, которые кажутся наиболее рациональными.

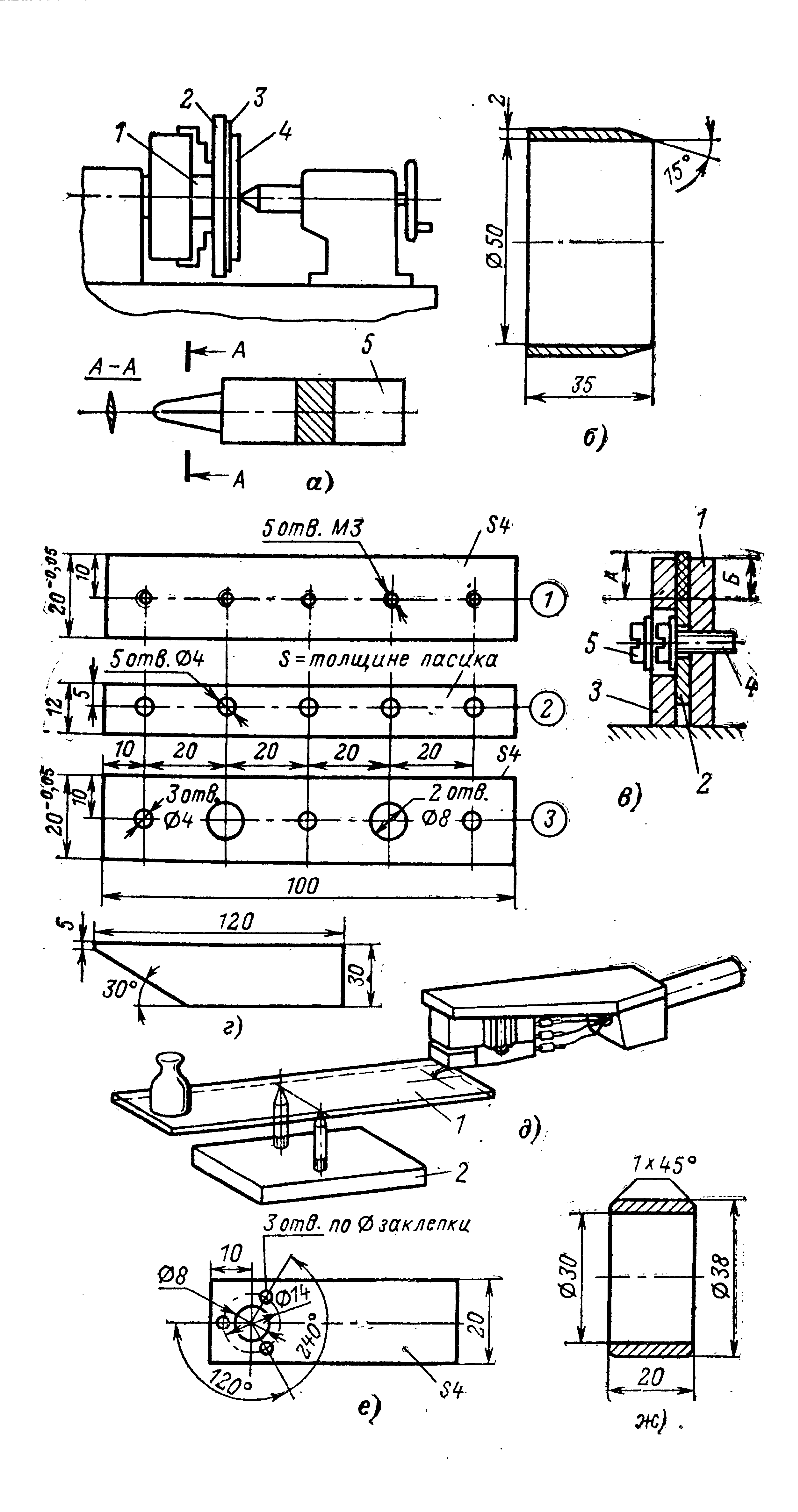
При изготовлении любого устройства в любительских условиях может не оказаться под рукой нужного материала, поэтому в чертежах или тексте дается несколько наименований материалов, из которых данная деталь может быть изготовлена без ущерба для качества работы проигрывателя.

Как видно из чертежа подвески электродвигателя (см. рис. 20) и чертежа платформы *49*, крепление этой платформы к электродвигателю осуществляется тремя винтами М3, для чего в нижней крышке электродвигателя необходимо просверлить и нарезать три отверстия М3 на окружности диаметром 48 мм. Отверстия должны быть расположены рядом с боковыми вентиляционными окнами электродвигателя. При выполнении этой операции (имеется в виду, что она производится без разборки электродвигателя) следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить крыльчатку и обмотку электродвигателя, для чего надо прикрывать крыльчатку через боковые окна куском текстолита или гетинакса толщиной 1,5—2 и шириной 13 мм.

Пасик *13* изготовляется на токарном станке из листовой резины средней твердости толщиной 6 мм следующим способом (рис. 27): к грибообразному приспособлению, состоящему из деревянного цилиндра *1* с прикрепленным к нему деревянным же диском *2*, прибивается гвоздями резиновый круг *3* диаметром 300 мм или квадрат со стороной также 300 мм, после чего цилиндр *1* приспособления закрепляется в патроне станка, а резина поджимается достаточно жестким металлическим или, например, текстолитовым диском *4* диаметром 270—275 мм.

Затем резцом *5* производится, начиная с диаметра 280 мм, вырезка концентрических колец (пасиков) при частоте вращения шпинделя станка примерно 300 об/мин. Резец после каждого прореза круга *3* перемещается на 1,3—1,4 мм (толщина пасика); готовые пасики во избежание их запутывания вокруг резца собираются (нанизываются) на деревянную палочку, которую надо держать в левой руке.

Таким образом, получается серия пасиков, отличающихся по диаметру на 2,6—2,8 мм. При сборке и регулировке проигрывателя из них выбирается наиболее подходящий.



Тем же способом изготовляются кольца *15* и *16* (см. рис. 20), причем для их изготовления можно использовать резиновый круг, оставшийся после изготовления пасиков. Естественно, что диаметр диска *4* (рис. 27) для изготовления колец *15* и *16* должен быть соответственно уменьшен. Резиновый лист для изготовления пасиков следует по возможности выбирать с равномерной толщиной, так как неравномерность толщины листа и соответственно ширины пасика всего 0,2—0,3 мм может вызвать детонацию, хотя и не улавливаемую на слух при проигрывании обычных пластинок, но довольно заметную при прослушивании измерительной пластинки с записанным синусоидальным сигналом частотой 3 150 Гц. Если пасик получился неравномерным по ширине, его можно откалибровать в специальном приспособлении, которое описано в разделе «Наладка и регулировка проигрывателя».

Лучшим материалом для изготовления диска *14* является дюраль. Этот сплав хорошо обрабатывается, не обладает магнитными свойствами и не требует защитного покрытия. Нержавеющая сталь также не обладает магнитными свойствами и не требует защитного покрытия, но значительно хуже обрабатывается. Латунь хорошо обрабатывается, но требует защитного покрытия, например хромирования. Изготовление диска из обычной стали (с обязательным защитным покрытием, предохраняющим от коррозии) в силу ее магнитных свойств может быть рекомендовано только в случае использования пьезоэлектрической головки.

Так как плотность дюраля примерно в 3 раза меньше, чем стали или латуни, в случае изготовления диска из стали или латуни следует несколько уменьшить его массу, удалив часть металла, как это показано на чертеже диска пунктирной линией. При изготовлении диска для обеспечения необходимой точности рекомендуется придерживаться следующего порядка работ: сначала обрабатываются поверхности нижней части диска (обращенные внутрь проигрывателя), затем заготовка переворачивается и закрепляется в кулачках патрона станка по диаметру 210 мм, после чего производится вся оставшаяся обработка, включая растачивание центрального отверстия.

Вал *41* рекомендуется изготовить с припуском 0,5—1 мм по диаметру 6,5 и 15 мм, после чего закалить до $HR_c = 30 \div 35$. После закалки вал шлифуется с доведением размеров до заданных, а затем его часть, входящую во втулку *40*, полируют. Отверстия диаметром 4,5 мм во фланце вала *41*, так же как и резьбовые отверстия М4 в диске *14*, можно не делать, так как диск хорошо держится на валу собственной массой; при этом между диском и валом можно поместить прокладку из тонкой резины. Если же радиолюбитель

Рис. 27. Приспособления для изготовления, наладки и эксплуатации проигрывателя.

а — для изготовления пасика; *б* — просечка для изготовления амортизаторов *38* (сталь 45, рис. 20); *в* — для калибровки пасика; *1* и *3* — планка (сталь, латунь); *2* — вставка (сталь, латунь); *4* и *5* — винт М3; *г* — для установки площадки *21* относительно трубки *23* (см. рис. 20); *д* — для градуировки шкалы приведенного веса звукоснимателя: *1* — площадка 120×30×1 мм (органическое стекло); *2* — подставка; *е* — для сверления отверстий под заклепки во втулках *73* и декоративной панели *28* (см. рис. 20); *ж* — для проигрывания пластинок на 45 об/мин с центровым отверстием диаметром 38 мм.

сочтет необходимым соединить диск с валом винтами, отверстия во фланце вала следует просверлить до его закалки.

Для изготовления амортизаторов *38* удобно пользоваться просечкой, изображенной на рис. 27, *б*. Кусок войлока помещается в тисках между заточенным краем просечки и ровным куском дерева, например фанеры, размером примерно 100×100 мм. Вращением рукоятки тисков создается усилие, прорезающее войлок.

Тонарм является очень ответственным и точным узлом проигрывателя, тем не менее почти весь тонарм может быть при некоторых навыках и соответствующей аккуратности изготовлен в домашних условиях. При изготовлении тонарма следует как можно точнее выполнять отверстия, в которых крепятся сопрягаемые детали, поэтому совершенно необходимо сначала проделать эти отверстия сверлом на 0,1—0,3 мм меньшего диаметра, а затем доводить отверстия до окончательного размера с помощью соответствующих цилиндрических разверток. Это относится прежде всего к отверстиям в корпусе *26* и сухаре *22*, в которых крепится трубка *23*, и отверстиям во втулке *69* и сухаре *77* механизма микролифта.

Корпус *26* и опору *66* лучше всего изготовить из эбонита: он хорошо обрабатывается и хорошо полируется, поэтому отпадает необходимость в окраске этих деталей. Можно изготовить эти детали из органического стекла, но при этом окраска будет необходима.

В опоре *66* крепятся шарикоподшипники (с наружным диаметром 13 мм) вертикальной оси вращения тонарма, а в корпусе *26* шарикоподшипники (с наружным диаметром 8 мм) горизонтальной оси вращения, роль которой выполняют цапфы *27*.

Желательно применение шарикоподшипников повышенных классов точности, например предназначенных для гироскопических устройств. При отсутствии шарикоподшипников указанных размеров для корпуса вполне могут быть применены шарикоподшипники наружным диаметром 7, 9 или 10 мм.

Могут быть применены шарикоподшипники несколько бо́льших диаметров и для установки в опоре *66*. При этом соответственно должны быть увеличены посадочные размеры оси *65* и ширина опоры.

Для закрепления шарикоподшипников применен способ запрессовки. Перед запрессовкой шарикоподшипников в опору *66* следует добиться, чтобы они с некоторым усилием, но все же свободно надевались на соответствующие посадочные места оси *65*.

Перед запрессовкой опора должна быть окончательно изготовлена и внешне отделана; отверстие под шарикоподшипники предварительно выполняется диаметром на 0,2—0,3 мм меньшим, чем наружный диаметр шарикоподшипников.

Затем конической разверткой с уклоном 1 : 50 размер отверстия с обеих сторон опоры доводится до размера наружного диаметра шарикоподшипников. Шарикоподшипники, тщательно промытые в бензине, вставляются в отверстие и запрессовываются с помощью тисков; при этом надо следить, чтобы шарикоподшипники входили в опору без перекосов. После запрессовки в шарикоподшипники следует вставить ось *65* и убедиться, что вращение этой оси происходит совершенно свободно, без каких-либо заеданий. В случае заедания, которое может произойти от перекоса шарикоподшипника, следует прежде всего определить, в каком шарикоподшипнике оно происходит, и, вставив в отверстие этого шарикоподшипника

стержень длиной 100—150 мм, осторожно устранить перекос. Обеспечив свободное вращение оси *65*, для предотвращения возможных резонансных явлений при работе проигрывателя шарикоподшипники следует смазать жидким маслом повышенной вязкости, например авиационным МС-20 или МС-24. Таким же образом производится запрессовка шарикоподшипников в корпус *26*. Трубка *23* тонарма должна быть как можно более тонкостенной для уменьшения массы тонарма. По этой причине некоторые зарубежные фирмы изготовляют тонармы из магниевых сплавов. Оптимальный диаметр трубки 8 мм, но может быть применена трубка диаметром от 7 до 10 мм.

Ящик изготовляют из листа сухой древесины толщиной 18—20 мм, например из старой чертежной доски, дно — из фанеры или листа оргалита толщиной 4—5 мм. Изнутри к стенкам ящика крепятся шурупами деревянные бруски сечением 15×20 мм, на которые через войлочные прокладки опирается несущая панель *36* и крепится траверса *81*.

Наружные поверхности ящика и внутренние на глубину 10—15 мм подвергаются декоративной отделке. Это может быть полировка или лакировка после оклейки ящика фанеровочным шпоном либо оклеивание синтетической пленкой, имитирующей ценные породы дерева. Применение такой пленки значительно сокращает время отделки.

Перед приклеиванием пленки соответствующие поверхности ящика при необходимости шпаклюются и тщательно выравниваются. Если пленка не имеет клеевого слоя на внутренней поверхности, такой слой наносят на нее непосредственно перед приклеиванием, для чего клей 88Н разбавляют в отношении 1 : 3 растворителем, состоящим из 2 частей этилацетата и 1 части бензина, а затем кистью наносят тонким слоем на внутреннюю поверхность пленки, после чего пленка просушивается в течение 20 мин и приклеивается к ящику. Выкройку из пленки следует вырезать с небольшим запасом, так как в течение 3—5 дней пленка при высыхании клея несколько стягивается. Излишки пленки обрезаются острым ножом. Изнутри ящик желательно окрасить черной масляной краской. Поверхность *Д* (см. рис. 20) ящика после шпаклевки также окрашивается черной краской. У окончательно отделанного ящика следует выбрать наиболее ровную и с наименьшим количеством дефектов длинную сторону, которая будет являться лицевой стороной проигрывателя, после чего дно ящика окончательно закрепляют, на бруски наклеивают войлочные прокладки, а в задней или боковой стенке сверлят отверстие, в которое устанавливают штепсельный разъем.

Для предохранения от пыли проигрыватель снабжается крышкой, которая может быть изготовлена из любого материала, но в соответствии с современными тенденциями крышку желательно изготовить из прозрачного или полупрозрачного (дымчатого) органического стекла. Так как монолитную крышку в любительских условиях изготовить очень трудно, ее следует склеить из листового органического стекла толщиной 3—5 мм. Внутренние размеры крышки даны на рис. 23. Размеры *А* и *Б* определяются толщиной органического стекла. Если детали крышки выполнены с ровными краями (фрезерованы), склеивание крышки очень удобно проводить чистым дихлорэтаном с помощью медицинского шприца, через иглу которого дихлорэтан равномерно подается вдоль стыка двух соединяемых деталей (рис. 28, *а*)

Достаточно ровные края деталей крышки можно получить и без фрезерования, для чего две детали крышки следует соединить через деревянный брусок с помощью струбцин (рис. 28, *б*) и выровнять края, подлежащие обработке, после чего их следует обработать наждачной бумагой средней зернистости, прибитой к ровной доске достаточной длины (на 150—200 мм больше, чем длина обрабатываемых деталей). Крышка может быть также и комбинированной, т. е. верхняя и передняя ее стенки могут быть из органического стекла, а боковые и задняя — деревянными.

После изготовления ящика следует зафиксировать положение декоративной панели *28* относительно несущей панели *36*. Предварительно к декоративной панели должны быть приклепаны алюми-

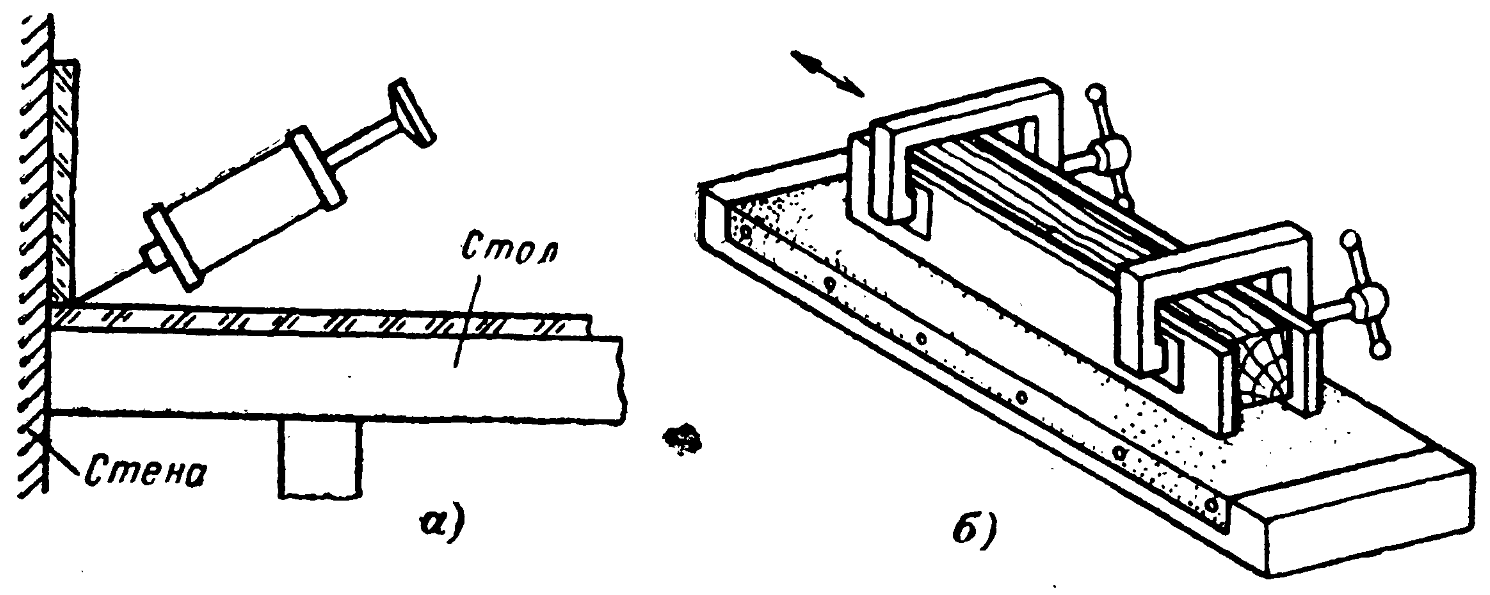


Рис. 28. Изготовление крышки.

а — способ склейки деталей крышки; *б* — способ выравнивания краев деталей крышки.

ниевыми заклепками втулки *73*. Отверстия под заклепки в декоративной панели (и втулках *73*) проще всего просверлить через соответствующие отверстия кондуктора (см. рис. 27, *а*), для чего кондуктор следует прижать к панели с помощью ручных тисков или струбцины. Затем несущую панель *36* кладут на войлочные прокладки, приклеенные к брускам ящика, а во втулки *73* ввертывают и предварительно закрепляют гайками пилоны *74*. Расстояние между наружной поверхностью декоративной панели *28* и концами всех пилонов должно быть одинаковым и равным расстоянию от несущей панели *36* до верхнего края ящика. Декоративную панель ставят пилонами на несущую панель так, чтобы расстояние между краями декоративной панели и каждой стенкой ящика составляло 2 мм, после чего молотком через деревянную прокладку слегка ударяют по декоративной панели в местах крепления каждого пилона; при этом острый конец каждого пилона оставляет метку (керн) на несущей панели *36*. По этим меткам в несущей панели сверлят отверстия диаметром 5 мм. Затем пилоны *74* с помощью гаек закрепляют в декоративной панели окончательно, так чтобы наружная поверхность декоративной панели была заподлицо с верхними краями ящика.

Изготовив проигрыватель, не следует жалеть времени на его внешнюю отделку. Прежде всего следует по возможности выдержать общий стиль внешнего оформления проигрывателя. В данном проигрывателе для этого применены соответствующая окраска и декоративное оформление отдельных деталей. Декоративная панель окрашена в темно-серый цвет, а ее левая часть и крышка *11* — в еще более темный, почти черный цвет, что зрительно уравновешивает расположенный справа тонарм, большинство деталей которого (площадка *21*, вилка *24*, корпус *26*, опора *66* и противовес *61*) также черного цвета. Светлые детали тонарма (трубка, указатель приведенного веса звукоснимателя, стопорный винт *2* и т. д.) уравновешиваются расположенными слева рамкой *5* и декоративной накладкой рукоятки *10*. С таким оформлением хорошо сочетается светлый диск с темными резиновыми кольцами, на которые кладется пластинка. По этой же причине нижняя часть ящика окрашена в черный цвет.

Лицевые поверхности декоративной панели *28*, малой декоративной панели *70* и крышки *11* тщательно шпаклюются, зачищаются мелкой наждачной бумагой, грунтуются и окрашиваются в несколько слоев нитроэмалью, после чего они могут быть отполированы (например, пастой для полировки автомашин). В нитроэмаль перед окраской вышеуказанных деталей полезно добавить немного алюминиевой пудры (компонент так называемой «алюминиевой краски», продающейся в хозяйственных магазинах), что значительно улучшает внешний вид покрытия. Необходимое количество пудры следует определить путем пробной окраски.

Детали, изготовленные из эбонита (площадка *21*, опора *66*, корпус *26*, рукоятка *10* и т. д.) шлифуются до выведения всех царапин, а затем полируются с помощью полировальной пасты и мягкой фланели. При шлифовке не следует водить по детали наждачной бумагой или напильником, наоборот, обрабатываемую поверхность детали следует равномерно тереть о закрепленный, например в тисках, напильник или расположенную на ровной поверхности наждачную бумагу. Наружные поверхности вилки *24*, противовеса *61* и площадки *21* (в случае ее изготовления из органического стекла) окрашивают в несколько слоев черной нитроэмалью, после чего их полируют.

Следует отметить, что детали из отполированного эбонита и металлические или из органического стекла, окрашенные черной нитроэмалью и отполированные, имеют совершенно одинаковую поверхность, так что трудно определить, что они изготовлены из различных материалов.

К эбонитовой рукоятке *10* крышки *11* приклеивают клеем 88Н или БФ-2 дюралевую декоративную пластину толщиной 1 мм, после чего рукоятку в сборе с пластиной шлифуют и полируют, как и другие эбонитовые детали. Пластину, если она предварительно не подвергнута бесцветному анодированию, так же как рамку *5* и детали указателя приведенного веса звукоснимателя, следует обработать наждачной бумагой средней зернистости. Окончательную отделку противовеса *61* (окраску и полировку) следует производить только после окончания наладки и регулировки тонарма, так как во время этих операций может потребоваться дополнительная механическая обработка противовеса в случае необходимости уменьшения его массы.

НАЛАДКА И РЕГУЛИРОВКА ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Наладку проигрывателя можно начинать с электродвигателя подбором величин сопротивления резистора и емкости конденсатора фазосдвигающей цепочки по минимуму вибраций. Хотя в любитель-

ских условиях точно определить величину вибраций довольно трудно, определить минимум вибраций все же представляется возможным. Устанавливать величину минимума вибраций следовало бы при номинальной нагрузке электродвигателя, однако поскольку режим работы электродвигателя АД-5 в проигрывателе мало отличается от режима холостого хода, установку минимума вибраций можно производить и при холостом ходе электродвигателя.

Электродвигатель ставят на упругую площадку, например на лист пористой резины толщиной 5—10 мм. С помощью одной из гаек, стопорящих стойки *8*, на электродвигателе временно укрепляют вертикально отрезок провода диаметром 1—1,2 и длиной 80—100 мм. Этот провод и будет являться визуальным «индикатором» вибраций. На время подгонки в фазосдвигающую цепочку электродвигателя следует вместо постоянного резистора включить проволочный реостат сопротивлением 700—800 Ом и мощностью не менее 10 Вт.

Включают электродвигатель и, плавно меняя сопротивление реостата, добиваются минимума вибраций, после чего измеряют сопротивление реостата. Эту операцию нужно проделать при различных емкостях конденсатора фазосдвигающей цепочки. Емкость конденсатора меняют с 1 до 3—3,5 мкФ ступенями по 0,5 мкФ. Определив оптимальные величины сопротивления и емкости, подбирают подходящий проволочный резистор типа ПЭВ мощностью 10—15 Вт и конденсатор типа МБГО на рабочее напряжение 300 В и укрепляют их на несущей панели *36* вблизи электродвигателя. Затем включают электродвигатель с установленной на валу насадкой; при этом величина вибраций не должна возрастать. Возрастание вибраций указывает на наличие эксцентриситета насадки из-за неточного изготовления ее. К отрегулированному на минимум вибраций электродвигателю приворачивают платформу *49*, электродвигатель подвешивают на резиновых шнурах *50* к кольцу *45* и растягивают пружинами *7*. Кольцо *45* крепят к несущей панели *36* через войлочные прокладки *46*. Затем следует отрегулировать положение диска *14*. Диск должен находиться в центре отверстия декоративной панели (зазор между диском *14* и панелью *28* должен быть везде одинаковым) и установлен строго горизонтально. Горизонтальность диска обеспечивается соответствующей установкой плиты *39* относительно несущей панели. Регулировка положения плиты *39* может осуществляться установкой дополнительных шайб *33*. Эта регулировка может быть выполнена лишь по истечении некоторого времени (не менее суток) после установки на несущей панели узла диска, с тем чтобы установленные в гнездах панели амортизаторы *38* приняли окончательную форму. Для установки диска *14* в центре отверстия декоративной панели следует слегка ослабить гайки крепления плиты *39*, обеспечив некоторую подвижность ее в горизонтальной плоскости. Затем перемещением узла диска следует найти нужное положение диска относительно декоративной панели и зафиксировать в этом положении узел диска, затянув гайки крепления плиты *39* к шпилькам *32*.

Следующими операциями наладки являются обеспечение надежной работы всего движущего механизма проигрывателя и установление заданной частоты вращения диска.

Сначала выбирают подходящий пасик. Ориентировочно его размер можно определить, надев пасик на шкив диска (диаметр 280 мм) и слегка оттянув его в одном месте, не растягивая резину.

Зазор между пасиком и диском в этом месте должен составлять 15—20 мм.

Затем пасик надевается одновременно на диск и насадку; при этом ось электродвигателя отклоняется в сторону диска. Вертикальное положение оси электродвигателя следует восстановить установкой дополнительных пружин между кольцом *45* и стойкой *8* (см. рис. 20) или применением более жесткой пружины, оттягивающей электродвигатель от диска. В описываемом проигрывателе для растяжки электродвигателя (при установленном пасике) использованы пять пружин наружным диаметром 3,5—4 мм из проволоки диаметром 0,3 мм. При этом может оказаться, что масса электродвигателя неравномерно распределяется между резиновыми шнурами 50 (заметное на глаз недостаточное натяжение какого-либо из шнуров). Необходимое натяжение шнуров достигается регулировкой их длины с помощью прижимов *51*. Может оказаться, что какие-либо из шнуров касаются несущей панели *36*, что нежелательно. В этом случае следует круглым напильником удалить участок несущей панели вблизи шнура, обеспечив зазор между шнуром и панелью 2—3 мм.

Окончательно установленный электродвигатель с насадкой и подсоединенным пасиком должен иметь возможность свободно, ни за что не задевая, перемещаться в горизонтальной плоскости на 3—4 и в вертикальной на 2—3 мм. Установив электродвигатель, следует проверить работу движущего механизма проигрывателя. При правильной регулировке положения электродвигателя пасик не должен соскакивать со шкивов при пуске и остановке электродвигателя, а корпус электродвигателя при установившемся режиме вращения должен оставаться почти неподвижным. Вибрации электродвигателя на ощупь не должны ощущаться. Незначительное качание электродвигателя с частотой вращения диска может быть вызвано неодинаковой шириной пасика и при необходимости устранено калибровкой последнего. О способе калибровки пасика будет сказано далее. Затем устанавливают заданные частоты вращения диска. Для контроля следует изготовить стробоскопические круги, которые изображены на рисунке 14 приложения. Эти круги следует сфотографировать и, увеличив до наружного диаметра 180—200 мм, наклеить на картон. Затем как можно более точно по центру следует проделать отверстия для надевания кругов на ось диска.

Круги следует положить на диск *14* и принять меры для предотвращения их проскальзывания относительно диска. Затем следует включить электродвигатель и осветить круг неоновой лампой или в крайнем случае обычной лампой накаливания. При частоте вращения диска *14* точно $33^1/_3$ об/мин и питании лампы от сети переменного тока частотой 50 Гц штрихи наружного стробоскопического круга должны казаться неподвижными. Если наблюдается вращение штрихов по часовой стрелке, то это значит, что частота вращения диска больше $33^1/_3$ об/мин; наоборот, если наблюдается вращение штрихов против часовой стрелки, то диск вращается медленнее. При повышенной частоте вращения диска следует уменьшить диаметр соответствующей ступени насадки *12*. Для этого, сняв пасик, запускают электродвигатель и, прижимая надфиль к рабочей поверхности вращающейся насадки, осторожно и равномерно снимают часть металла. При этом следует принять меры против попадания в электродвигатель опилок и стружки. Стачивая насадку, следует периодически контролировать частоту вращения диска *14* с помо-

щью стробоскопического круга. Аналогично производится установка частоты вращения диска 45 об/мин. Если окажется, что частота вращения диска *14* меньше требуемой, то придется изготовить новую насадку с увеличенным диаметром соответствующей ступени. Поэтому выгоднее изготовить насадку с припусками 0,1—0,2 мм по рабочим диаметрам, так как намного проще подогнать рабочий диаметр насадки, чем изготовить новую насадку. Установку электродвигателя и подгонку частот вращения диска *14* удобно производить при вынутой из ящика несущей панели *36* с укрепленным на ней движущим механизмом, для чего под углы панели подкладывают, например, деревянные бруски, а еще лучше к углам панели привернуть временные стойки.

Закончив отладку движущего механизма, собирают узел крепления тонарма и добиваются, чтобы малая декоративная панель *70* была на одном уровне с верхним краем ящика. Затем устанавливают корпус *66* с подшипниками и осью *65* так, чтобы расстояние между центром фланца оси *65* и осью вращения вала *41* составляло 215±0,5 мм, после чего к фланцу оси *65* приворачивают вилку *24*.

Собранный тонарм (пока без головки) закрепляют цапфами *27* в вилке *24*, следя за тем, чтобы корпус *26* располагался в вилке *24* без перекоса. Особое внимание следует при этом обратить на степень затяжки подшипников *25*. Недопустимы как наличие люфтов, так и чрезмерная затяжка подшипников цапфами *27*. Качание тонарма в вилке *24* должно происходить совершенно свободно. Перед установкой тонарма следует пропустить сквозь тонарм провода, соединяющие головку с выходом проигрывателя. Съемные контакты для соединения с головкой следует припаять к проводам заранее. Сами провода должны быть достаточно гибкими, чтобы практически не оказывать влияния на подвижность тонарма в подшипниках во всех направлениях. В качестве этих проводов можно применить литцендрат или провод ПЭЛШО диаметром 0,1—0,12 мм.

Привернув головку и подсоединив к ней провода, следует установить угол γ поворота держателя головки (пластины *21*) относительно трубки *23*, соответствующий углу коррекции β (см. рис. 11 и 19). Этот угол γ (рис. 19) не равен углу β и увеличивается с увеличением длины пластины 21. Для пластины, примененной в данном тонарме, угол γ равен 30°. Угол γ легче всего определить графически, сделав несложный схематический чертеж тонарма в плане.

Установку угла γ удобно проводить с помощью вырезанного из картона или плотной бумаги шаблона, изображенного на рис. 27. Пластина *21*, установленная под углом γ, крепится винтами М2 к сухарю *22*. После этого следует отрегулировать расстояние от иглы до оси вращения тонарма, т. е. длину тонарма L (см. рис. 19), которая, как определено расчетом, должна быть 231 мм. Для установки необходимой длины L надо ослабить стопорные винты в корпусе *26* и сухаре *22*, фиксирующие трубку *23* тонарма, и установить необходимый размер L с помощью линейки, после чего стопорные винты затягивают. Затем производится подгонка противовеса *61*. Масса противовеса должна быть такой, чтобы равновесие тонарма относительно горизонтальной оси его вращения наступало при расстоянии между противовесом и корпусом *26* около 8—9 мм. Если масса противовеса будет слишком велика, часть его спиливают в тисках, как это указано пунктирной линией на чертеже противовеса (см. приложение). Если же масса окажется недостаточной, то снизу к противовесу следует прикрепить с помощью винта М3

дополнительный груз, например из свинца. Уравновесив полностью собранный (включая провода) тонарм, приступают к тарировке устройства для регулирования приведенного веса звукоснимателя. Положение равновесия (нулевой приведенный вес) отмечается на шкале *1* против стрелки указателя *3*. Затем с помощью небольших весов или приспособления, изображенного на рис. 27, имитируется различный приведенный вес в диапазоне 0—4 г (для головки ГЗК 62М 4—8 г). Приведенный вес удобно имитировать с помощью монет (известно, что одна копейка весит 1 г). Тонарм перемещением противовеса с помощью винта 58 уравновешивают, а на шкале *1* наносят соответствующие деления.

Давление грузика устройства для компенсации скатывающей силы выбирают в зависимости от рекомендуемого приведенного веса для применяемой головки. Обычно для магнитных головок приводятся пределы, в которых должен быть приведенный вес звукоснимателя. Задавшись средним значением приведенного веса, надо по графику на рис. 15 определить величину скатывающей силы и по методике, приведенной в разделе «Звукосниматель», рассчитать давление грузика. Направление действия компенсирующей силы следует установить в соответствии с рис. 29.

Рис. 29. Установка направления компенсации скатывающей силы.

А — положение тонарма при установке иглы на начало записи.

Компенсирующая сила должна быть направлена под прямым углом к оси тонарма, когда игла установлена на начало записи, что соответствует максимальной величине скатывающей силы (см. рис. 16). При этом момент, создаваемый этой силой относительно вертикальной оси вращения тонарма, будет наибольшим. При смещении иглы к центру пластинки компенсирующая сила будет действовать уже не под прямым углом к оси тонарма (рис. 29) и момент несколько уменьшится, что хорошо согласуется с графиком (см. рис. 16). Некоторое увеличение скатывающей силы в конце записи составляет столь малую величину, что ею можно пренебречь. Направление действия компенсирующей силы легко устанавливается перемещением проволочного кронштейна *56* в держателе *55* или подгибанием кронштейна.

Провода, идущие от головки через тонарм, желательно закончить разъемом, что особенно удобно при применении предварительного усилителя-корректора. Для этой цели хорошо подходит контактная часть разъема ШР-3М, применяемого для сращивания микрофонных кабелей.

Отверстия диаметром 12 мм в основании *53* и площадке *80* выполнены с учетом размеров разъема, что позволяет легко демонтировать тонарм без отпайки проводов. При припаивании проводов к разъему или соответствующим клеммам следует обратить внимание на отсутствие натяжения проводов при всех рабочих и регулировочных положениях тонарма. Чрезмерная длина этих проводов также нежелательна.

Отрегулировав тонарм, следует положить на диск грампластинку и проверить положение трубки *23* тонарма при контакте иглы с пластинкой. Это положение должно быть либо горизонтальным, либо иметь едва заметный уклон в сторону головки. Желаемое положение тонарма достигается регулировкой по высоте диска *14* с помощью гайки *42*. При этом надо следить, чтобы пасик *13* находился на рабочей поверхности шкива диска *14*, а расстояние между пасиком и буртиком шкива диска не было менее 0,5—1 мм. Если установить тонарм должным образом не удается, необходимо подложить соответствующей толщины прокладку между основанием *53* и малой декоративной панелью *70*.

Регулировку микролифта начинают с обеспечения плавного хода штока *68* во втулке *69* под действием пружины *78*. Пространство между штоком и втулкой должно быть заполнено вязкой невысыхающей жидкостью. Лучше всего для этой цели подходит кремнийорганическая (полиметилсилоксановая) жидкость типа ПМС, применяемая для демпфирования подвижной системы стрелочных электроизмерительных приборов. Можно также применить смазку ЦИАТИМ-221 или какую-либо другую консистентную смазку, например солидол, однако при этом труднее подобрать усилие пружины *78*.

Подбором положения резьбовой части шатуна *75* в отверстии оси *29* добиваются, чтобы скос толкателя *76* находился в контакте с нижним концом штока *68* при всех положениях рукоятки *71*, после чего с помощью регулировочного винта, ввернутого сверху в шток *68*, устанавливают при крайнем положении рукоятки *71*, соответствующем подъему тонарма, зазор между иглой и пластинкой 5—6 мм. При резком отводе рукоятки *71* в другое крайнее положение головка должна опуститься на пластинку со скоростью не более 1,5—2 мм/с, после чего шток должен продолжать движение до соприкосновения со скосом толкателя *76*.

Контакт между регулировочным винтом штока *68* и накладкой *67* во время проигрывания пластинки не допускается. Желаемую скорость опускания иглы на пластинку устанавливают подбором пружины *78*. Ориентировочно наружный диаметр этой пружины 8 мм, а диаметр проволоки 0,5 мм (при применении кремнийорганической жидкости).

Если не удается добиться нужной скорости опускания иглы, например из-за отсутствия кремнийорганической жидкости, микролифтом все равно можно пользоваться; при этом следует только плавно переводить рукоятку *71* из одного крайнего положения в другое.

Закончив регулировку, проигрыватель подключают к воспроизводящему устройству и прослушивают испытательную пластинку Э ЗЗД-14765/1-2 с записью синусоидального сигнала частотой 3 150 Гц для определения детонации. Если в распоряжении радиолюбителя такой пластинки нет, следует попробовать определить наличие детонации, прослушивая запись медленных аккордов рояля. Если детонация прослушивается, следует откалибровать пасик с помощью приспособления, показанного на рис. 27.

Перед калибровкой пасика определяют его наименьшую ширину *А*, после чего размер *Б* приспособления по всей его длине устанавливают с помощью винтов *4* на 0,1 мм меньше наименьшей ширины. Затем пасик вставляют в приспособление и прижимают планкой *3* с помощью винтов *5*. При затяжке винтов *5* нижние поверхности планок *1* и *3* следует опереть о ровную поверхность, например стекло. Участки пасика, выступающие над верхними краями планок,

срезают острым ножом и шлифуют мелкой наждачной бумагой. Затем винты *5* ослабляют и в приспособление продвигают другой участок пасика и т. д., пока весь пасик не будет откалиброван.

При калибровке следует стремиться не подвергать обработке наиболее ровный торец пасика, как это указано на рис. 30. Для определения этого торца пасик следует выдержать некоторое время в свободном состоянии, положив его в виде кольца на ровную поверхность.

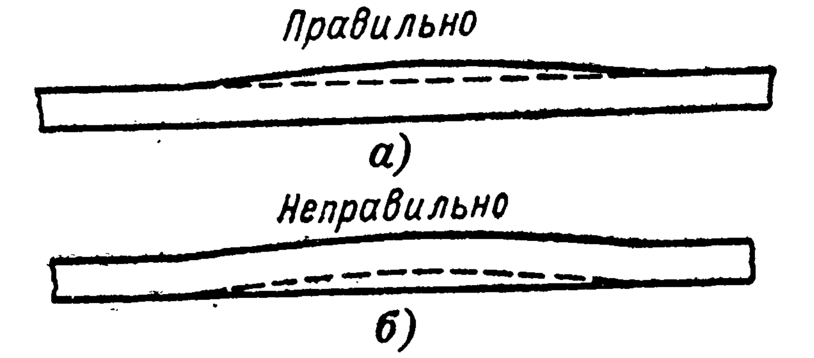


Рис. 30. Калибровка пасика.

а — правильно; *б* — неправильно.

После окончания отделочных работ желательно нанести на большую декоративную панель знаки, соответствующие верхнему и нижнему положению звукоснимателя. Такие знаки изображены на рис. 19 рядом с рукояткой управления микролифтом. Эти знаки могут быть нанесены белой краской через трафарет из ватмана, целлулоида и т. п. или вырезаны из белой синтетической клейкой ленты. Отрегулированный проигрыватель должен работать практически бесшумно. На небольшом расстоянии (25—30 см) от проигрывателя может прослушиваться слабый шум от электродвигателя, не влияющий на выходной сигнал.

При точном изготовлении деталей проигрывателя и правильной его сборке и регулировке при воспроизведении грамзаписи через усилитель низкой частоты не должны прослушиваться помехи от вибрации. Эти помехи бывают особенно заметны в паузах между программами, записанными на пластинке. Само собой разумеется, что предварительно надо убедиться в отсутствии заметного фона усилителя низкой частоты. Следует учитывать также, что иногда сами пластинки имеют значительный низкочастотный шум, поэтому определять на слух качество работы проигрывателя рекомендуется на нескольких новых пластинках.

Уровень помех от вибраций может быть измерен. Однако в любительских условиях довольно трудно обеспечить достоверность результатов такого замера.

По принятой в настоящее время методике уровень помех от вибраций определяют отношением напряжений на выходе проигрывателя при воспроизведении немой канавки и записи частоты 100 Гц на измерительной пластинке. Частотная характеристика измерительного тракта должна быть линейной в диапазоне частот 20—315 Гц. С целью исключения влияния на результаты измерений высокочастотных шумов пластинки в измерительный тракт рекомендуется включить фильтр, срезающий частоты выше 315 Гц. При этом следует учитывать, что составляющие сигнала при воспроизведении немых канавок обусловлены не только вибрациями движущего механизма проигрывателя, но и колебаниями основания, на которое установлен проигрыватель, в том числе и колебаниями здания, что может существенно искажать результаты замеров. Устранить же влияние колебаний здания в любительских условиях довольно трудно.

Следует также отметить, что результаты измерений по этой методике не всегда согласуются с результатами слуховой оценки качества звучания электроакустической аппаратуры при работе с тем же проигрывателем. Так, например, разница в уровне помех от вибраций проигрывателя II-ЭПУ-52С и высококачественного проигрывателя PS-1800A (Sony), определенная по указанной методике, составила всего 6 дБ, в то время как при прослушивании модели PS-1800A помехи от вибраций практически отсутствовали [Л. 5].

Несколько лет назад Шмидтом (ФРГ) была предложена новая методика измерения помех от вибраций, учитывающая субъективные факторы слухового восприятия человека. При этом сигнал звукоснимателя сначала усиливается, а затем подается на фильтр «ухо» с частотной характеристикой, приведенной на рис. 31.

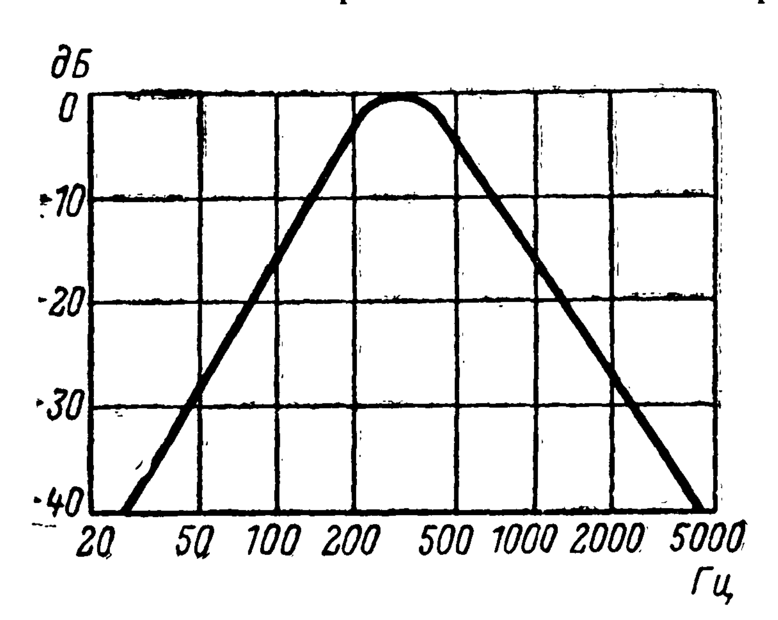


Рис. 31. Частотная характеристика фильтра «ухо».

Восприимчивость человеческого слуха к спектру частот помехи от вибраций характеризуется левой частью этой характеристики. Международная электротехническая комиссия (МЭК) предложила называть общераспространенную методику «объективной», а методику с фильтром «ухо» — «субъективной», т. е. учитывающей субъективность восприятия помех от вибраций слуховым аппаратом человека.

Фильтр «ухо» состоит из двух Г-образных полузвеньев. Левая часть его частотной характеристики соответствует высокочастотному полузвену с индуктивностью 2,56 Гн и емкостью 0,1 мкФ, правая — низкочастотному полузвену с такими же индуктивностью и емкостью. Характеристическое сопротивление фильтра составляет 3,3 кОм.

При использовании «субъективной» методики на результаты измерений оказывают значительно меньшее влияние колебания здания и основания, на которое установлен проигрыватель.

В табл. 2 приведены паспортные данные и результаты измерений уровня помех от вибраций некоторых отечественных и зарубежных проигрывателей, а также результаты измерений уровня помех от вибраций описываемого проигрывателя.

Таблица 2

Модель проигрывателя	Уровень помех от вибраций при использовании «объективной» методики, дБ		Уровень помех от вибраций при использовании «субъективной методики, дБ	
	Результаты измерений	Паспортные данные	Результаты измерений	Паспортные данные
II-ЭПУ-32С	—28	—	—40	—
I-ЭПУ-73С	—	—36	—	—
Проигрыватель, описанный в настоящей брошюре	—37	—	—62	—
Beogram 1000	—	—35	—	—60
Dual 1219	—	—36	—	—60
National Panasonic SL 100	—	—65	—	—
Thorens TD 125	—	—40	—	—68

В заключение следует отметить, что как в процессе наладки и регулировки проигрывателя, так и во время его эксплуатации удобно пользоваться измерительной пластинкой ИЗМ 33Д-0101/0102. С помощью этой пластинки можно проверить частотную характеристику, нелинейные искажения, уровень помех от вибраций и детонации проигрывателя.

Для проверки работы проигрывателя совместно с воспроизводящей аппаратурой (усилителем низкой частоты и акустическими агрегатами) удобно пользоваться стереофонической демонстрационной пластинкой 33С-01641/01642. Эта пластинка дает возможность проверить на слух без применения измерительных приборов правильность подсоединения и фазировки акустических агрегатов, а также правильность балансировки стереоканалов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Для улучшения эксплуатационных удобств проигрыватель может быть оснащен дополнительными устройствами. К числу таких устройств можно отнести автостоп и устройство для контроля и регулирования частоты вращения диска.

Если не останавливаться перед сложностью конструкции автостопа, то может быть применен, например, бесконтактный автостоп с использованием освещаемого отдельной лампой фоторезистора, отключающего питание проигрывателя при перекрытии светового луча заслонкой, устанавливаемой на вертикальной оси вращения тонарма [Л. 6].

Конструктивно устройство автостопа может быть выполнено, как показано на рис. 32. При этом требуются доработка основания *4* (*53*), изготовление удлиненной оси *3* (*65*) и изготовление заслонки *7*.

Положение заслонки относительно оси *3* фиксируется стопорным винтом *9*. При регулировке следует добиться, чтобы устройство срабатывало при положении иглы на расстоянии примерно 60 мм от центра пластинки.

Постоянный контроль частоты вращения диска может быть достигнут применением встроенного в проигрыватель стробоскопического устройства с неоновой лампой, изображенного на рис. 33. Стробоскопические отметки наносятся на нижнюю поверхность диска *14*. Это могут быть 180 углублений диаметром 2—3 мм, равномерно засверленных в диске на глубину 1—1,5 мм (для контроля частоты вращения $33^1/_3$ об/мин) и залитых черной краской (вариант 1), или наклеенная на диск снизу фоторепродукция приведенного на рис. 14 приложения чертежа стробоскопического диска.

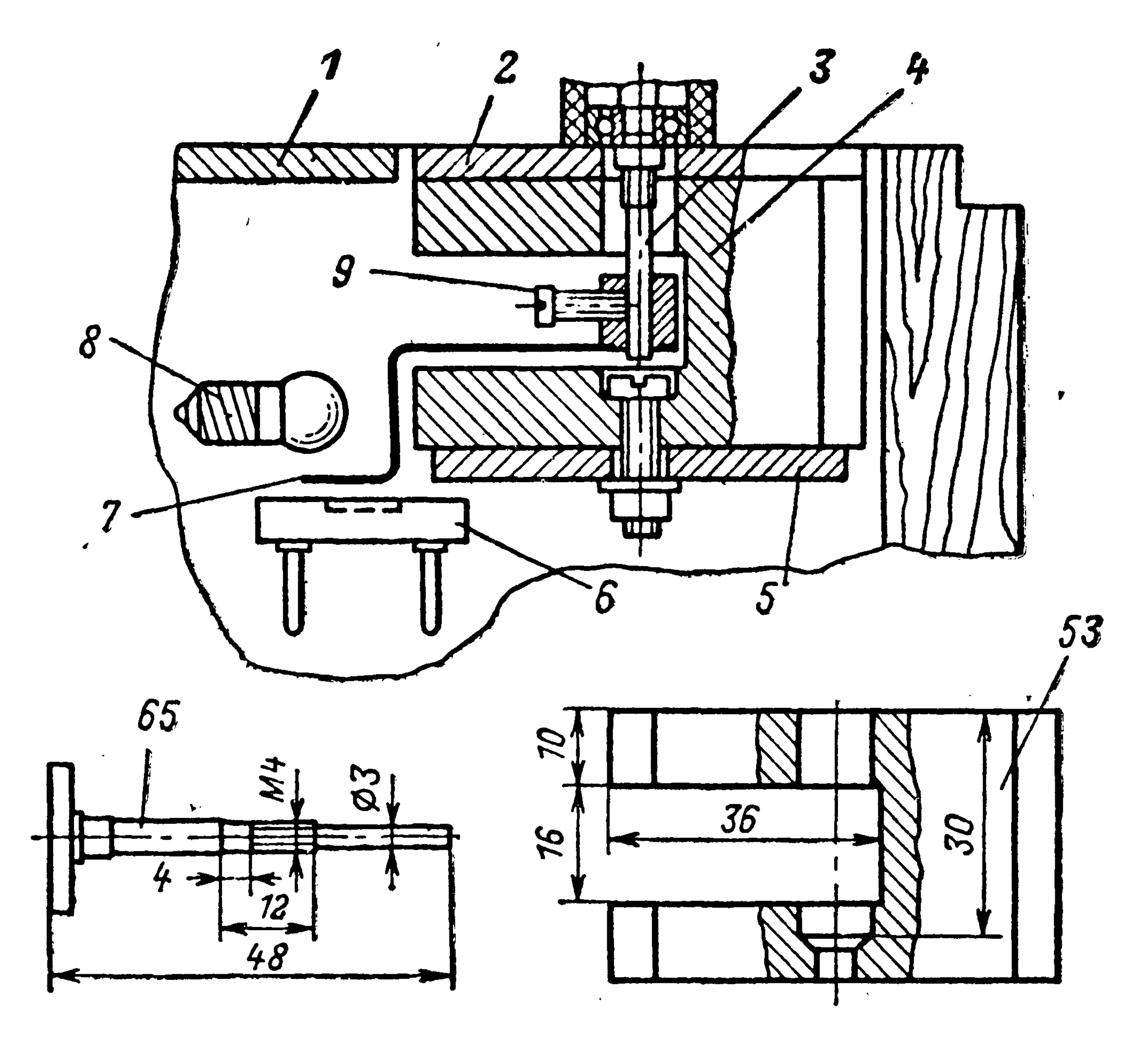


Рис. 32. Устройство бесконтактного автостопа (позиции соответствуют рис. 20).

1 — декоративная панель *28*; *2* — малая декоративная панель *70*; *3* — измененная ось *65*; *4* — доработанное основание *53*; *5* — площадка *80*; *6* — фоторезистор; *7* — заслонка; *8* — лампа; *9* — винт.

Это может быть и обычная бумага с начерченными на ней стробоскопическими метками (вариант 2) (рис. 33).

Метки освещаются неоновой лампой *3*, укрепленной на несущей панели. Наблюдение за метками ведется с помощью зеркала *1* через окно в декоративной панели *6* (*28*).

Регулирование частоты вращения диска в пределах 2—3% может быть осуществлено применением схемы включения электродвигателя, рекомендованной Милзарайсом [Л. 8]. Ось переменного резистора, изменением сопротивления которого осуществляется регулирование, может быть выведена через отверстие декоративной панели *28* или отверстие в какой-либо из стенок ящика. Ось снабжается ручкой, рядом с которой наносятся знаки, указывающие направление вращения ручки для увеличения или уменьшения частоты вращения диска. Некоторым радиолюбителям может показаться целесообразным увеличение диаметра диска *14*, на который кладется пластинка. В этом случае диск следует изготовить из двух частей, как показано на рис. 34.

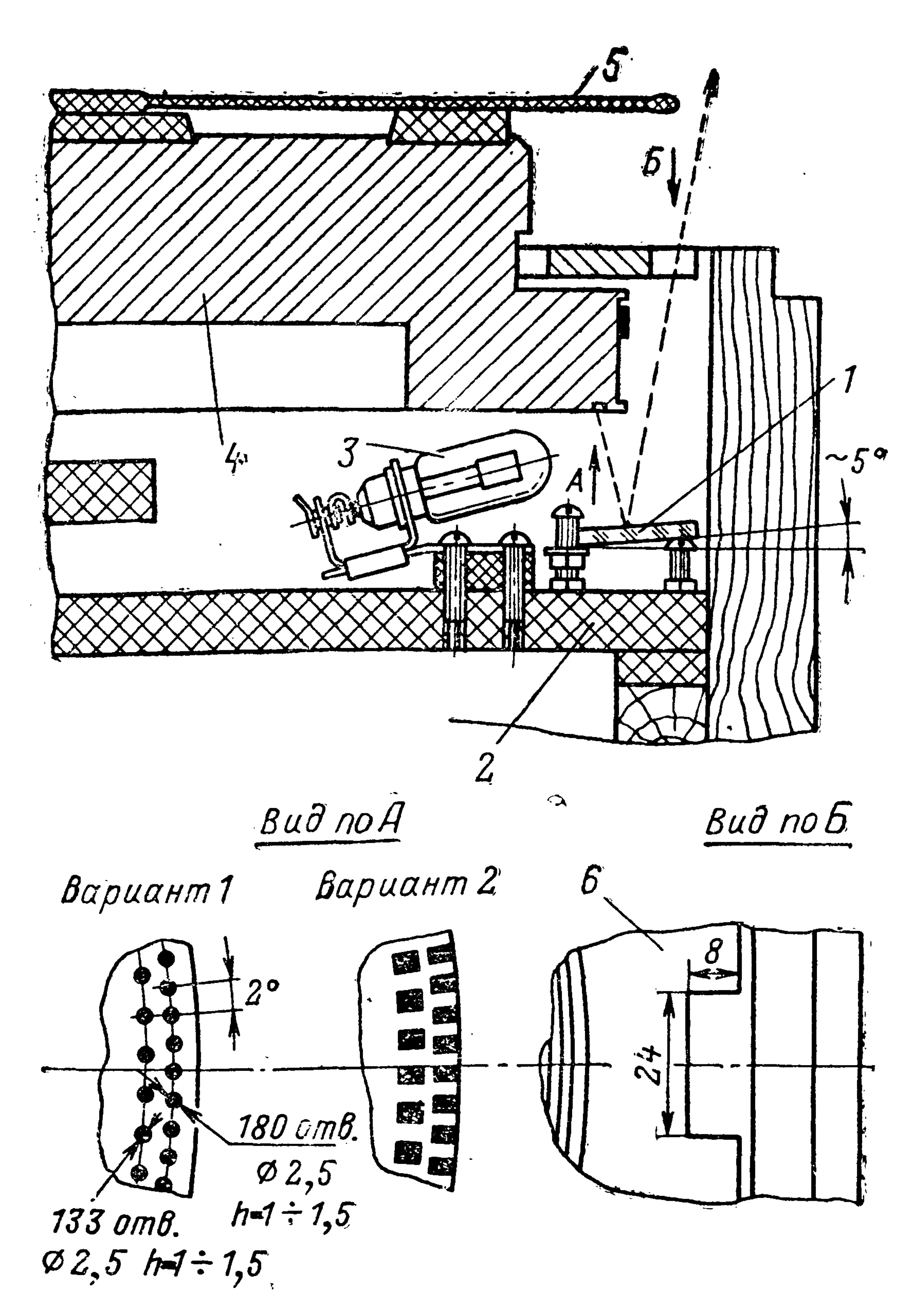


Рис. 33. Стробоскопическое устройство для постоянного контроля частоты вращения диска проигрывателя (позиции соответствуют рис. 20).

1 — зеркало; *2* — несущая панель *36*; *3* — лампа неоновая; *4* — диск *14*; *5* — грампластинка; *6* — декоративная панель *28*.

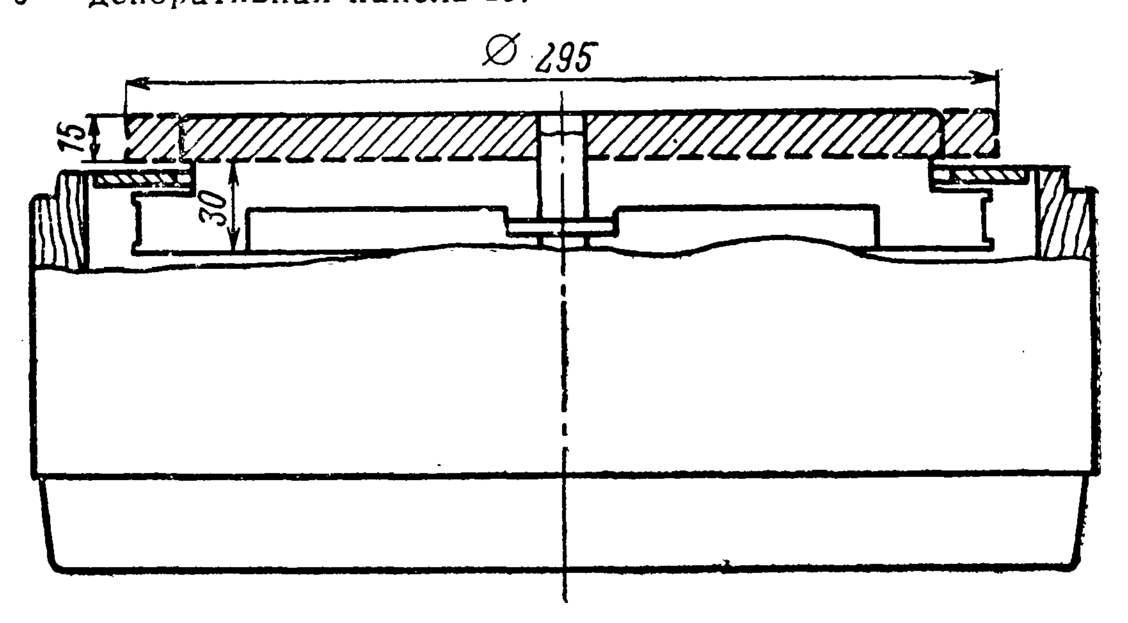


Рис. 34. Проигрыватель с диском увеличенного диаметра.

ПРИЛОЖЕНИЕ

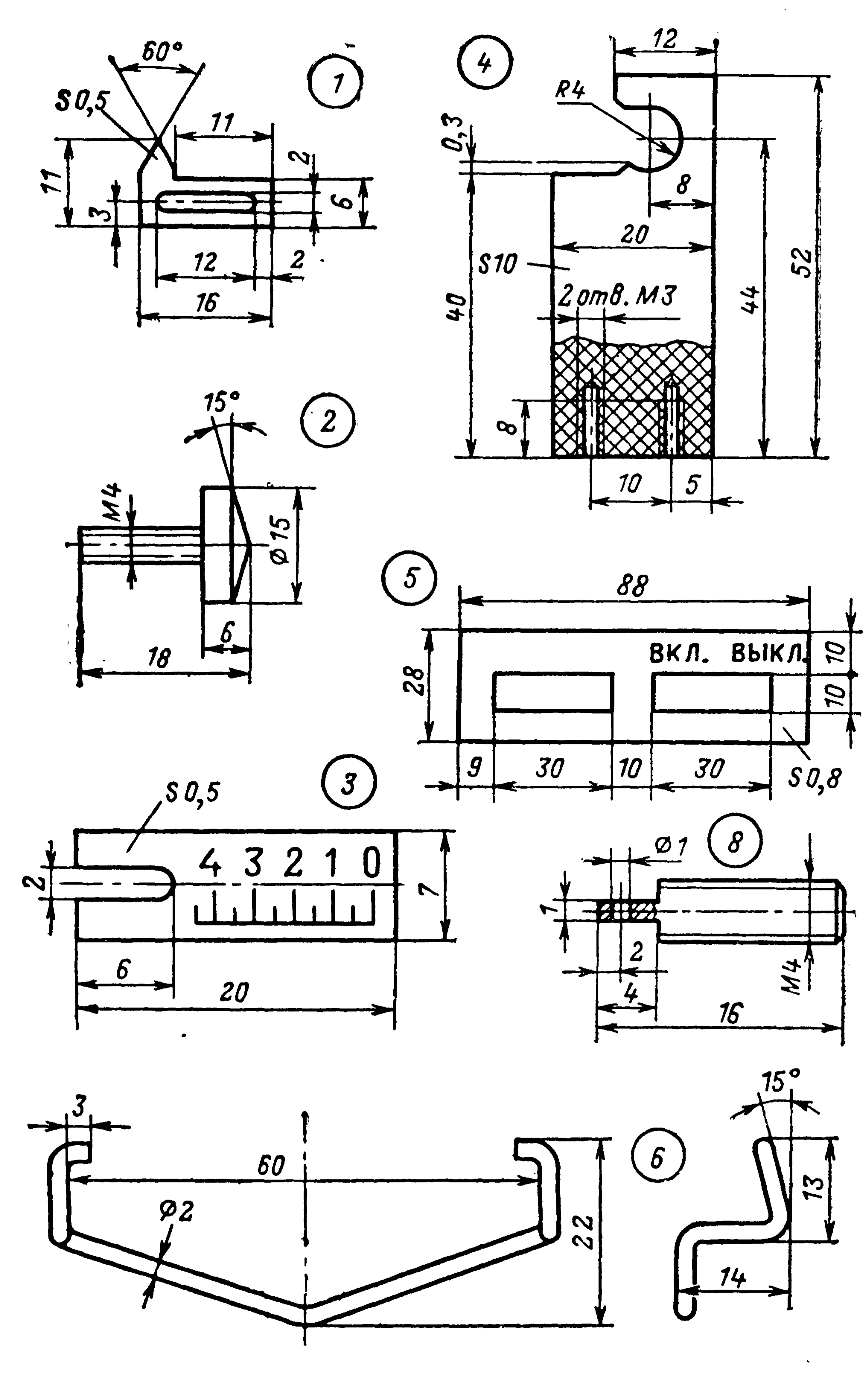


Рис. 1. Детали проигрывателя.

1 — указатель (дюраль); *2* — винт (латунь — хромировать, дюраль); *3* — шкала (дюраль); *4* — стойка-фиксатор (эбонит, органическое стекло); *5* — рамка (дюраль); *6* — петля (сталь); *8* — стойка (латунь, 3 шт.).

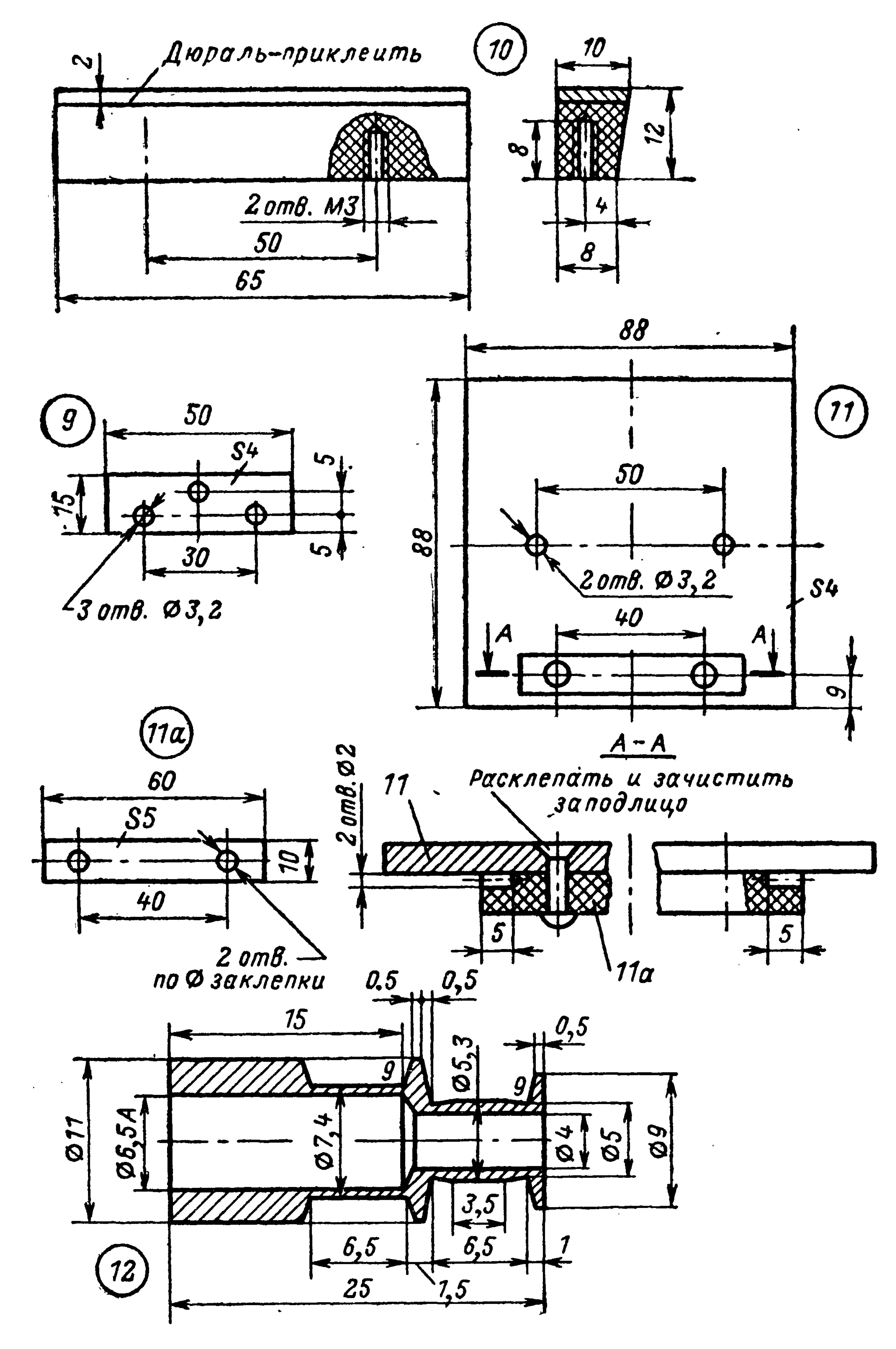


Рис. 2. Детали проигрывателя.

9 — накладка (органическое стекло, текстолит, гетинакс); *10* — рукоятка (эбонит); *11* — крышка (дюраль); *11а* — пластина (органическое стекло); *12* — насадка на $33^1/_3$ и 45 об/мин (бронза).

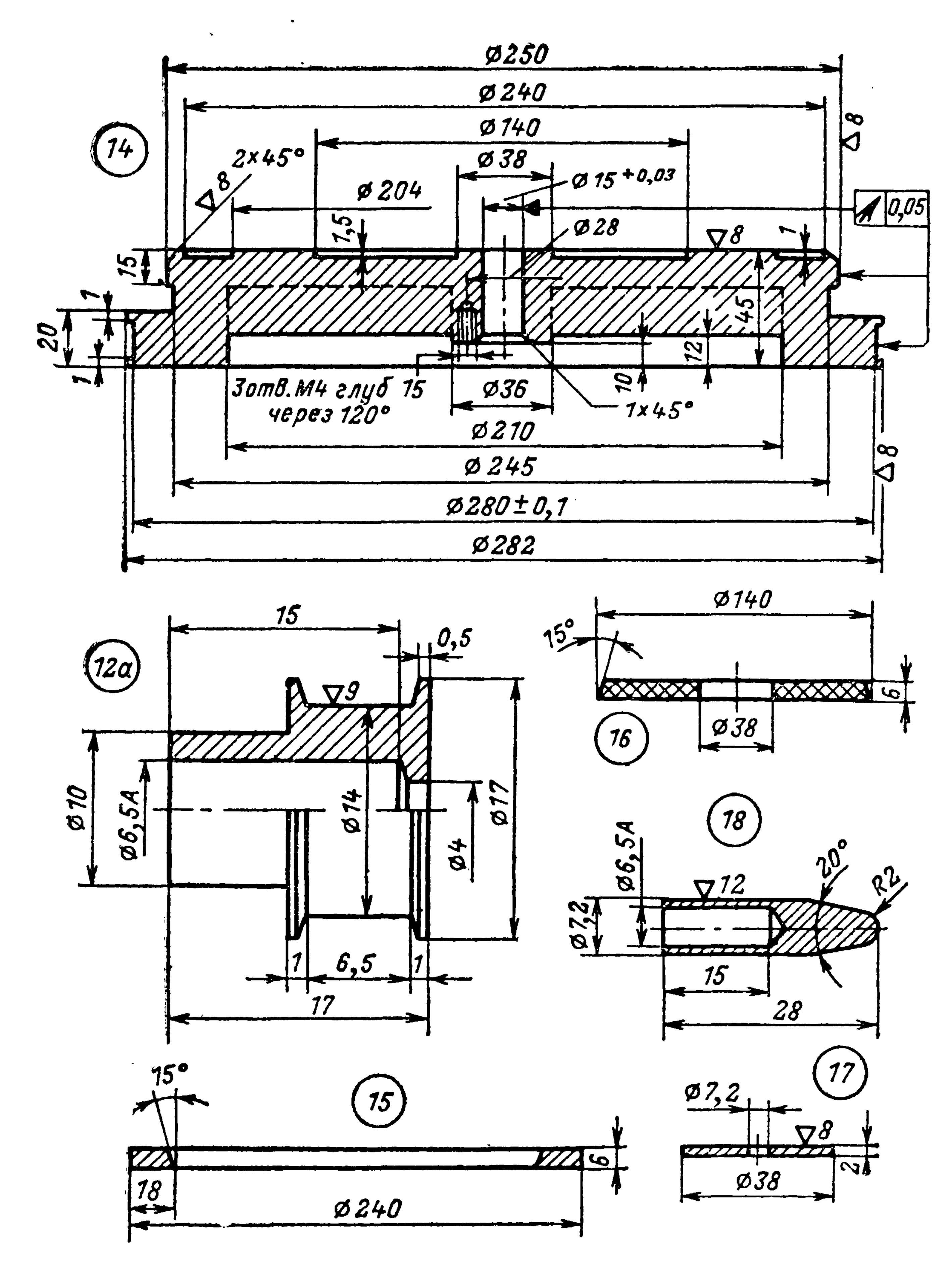


Рис. 3. Детали проигрывателя.

12а — насадка на 78 об/мин (бронза); *14* — диск (дюраль); *15* и *16* — кольца (резина средней твердости, лист толщиной 6 мм); *17* — шайба (дюраль); *18*—наконечник (латунь — хромировать).

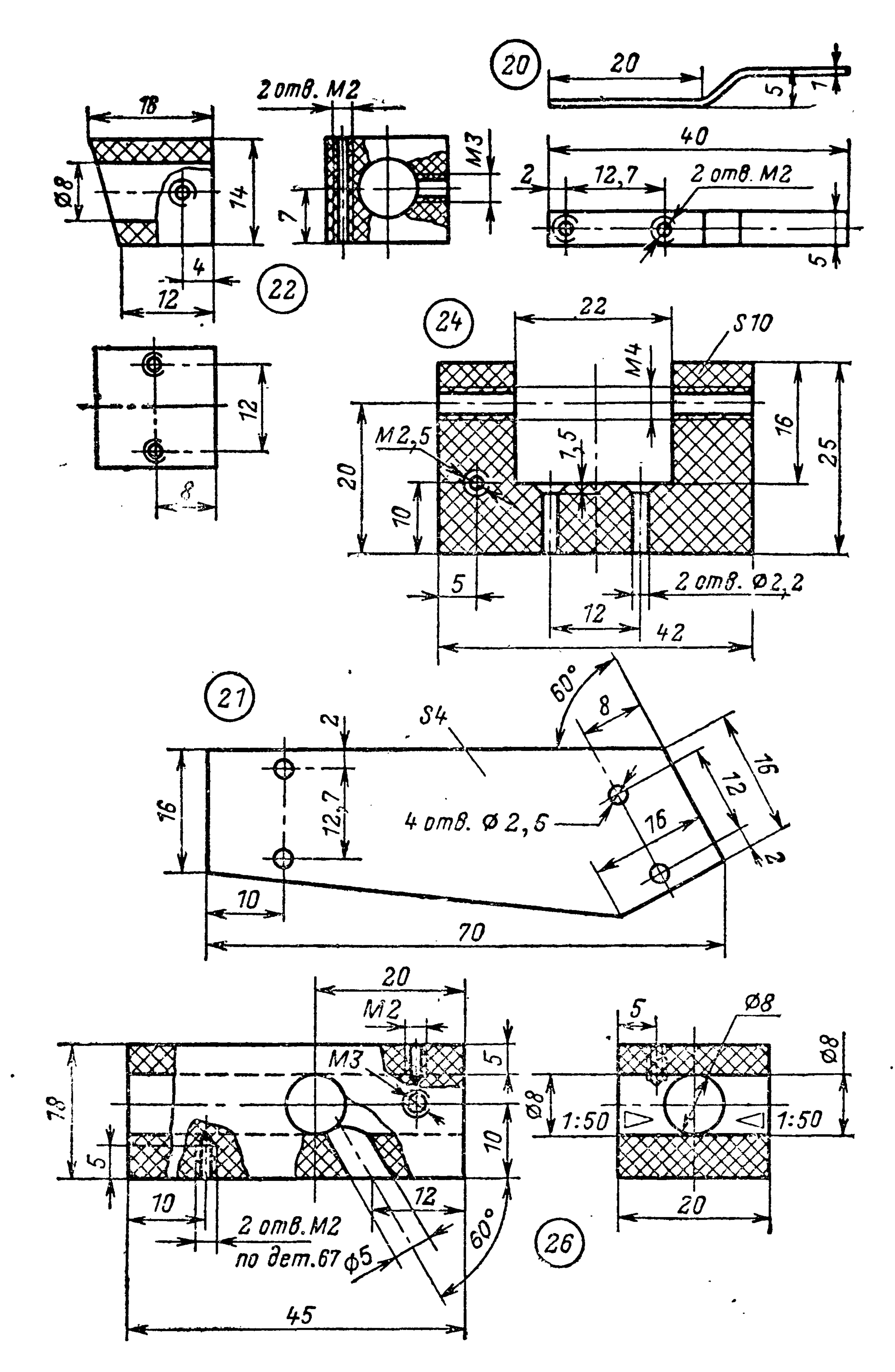


Рис. 4. Детали проигрывателя.

20 — поводок (дюраль); *21* — пластина (эбонит, органическое стекло); *22* — сухарь (эбонит); *24* — вилка (дюраль, эбонит, органическое стекло); *26* — корпус (эбонит).

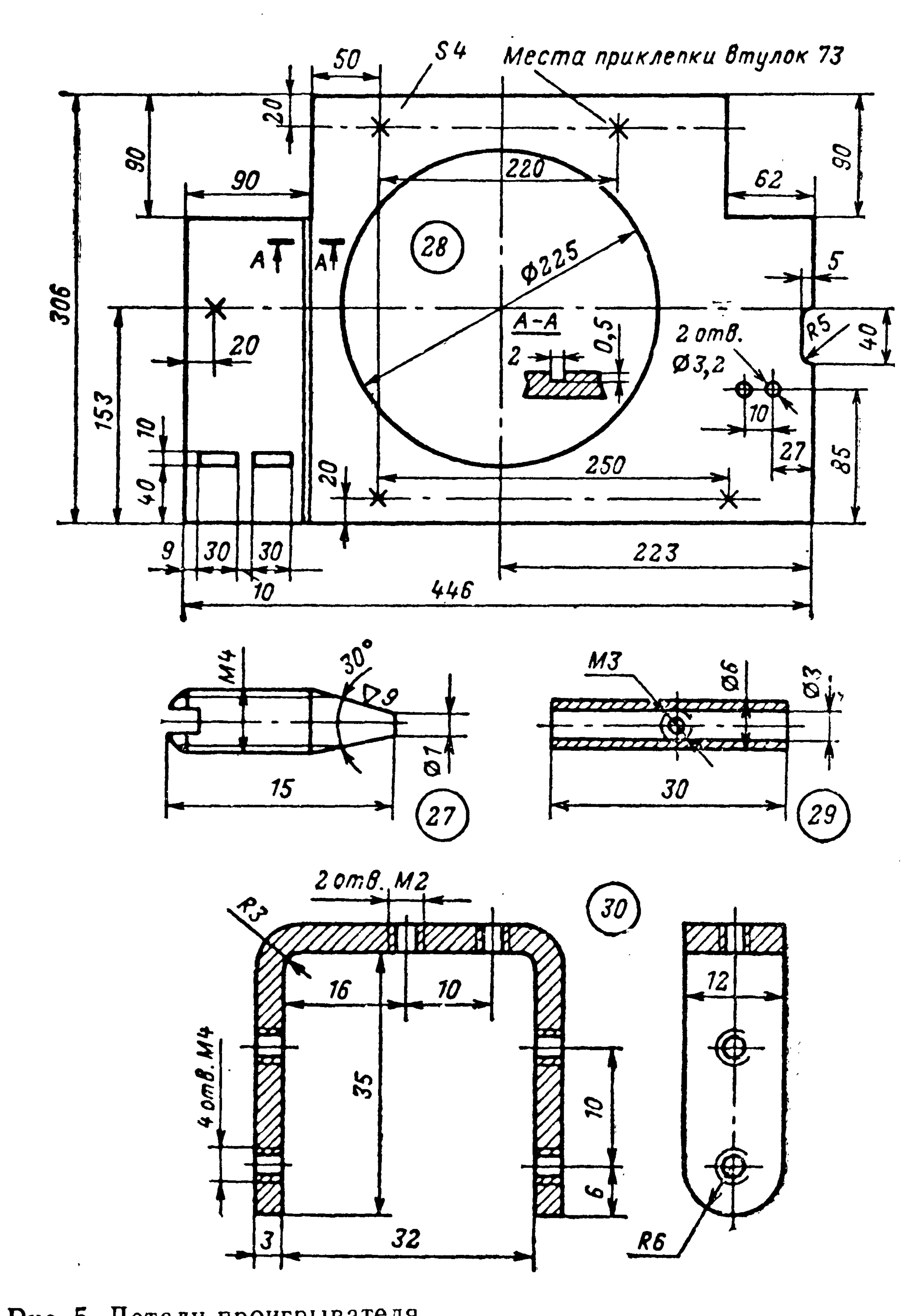


Рис. 5. Детали проигрывателя.

27 — цапфа (латунь, 6 шт.); *28* — панель декоративная (дюраль); *29* — ось (латунь); *30* — скоба (сталь — цинковать).

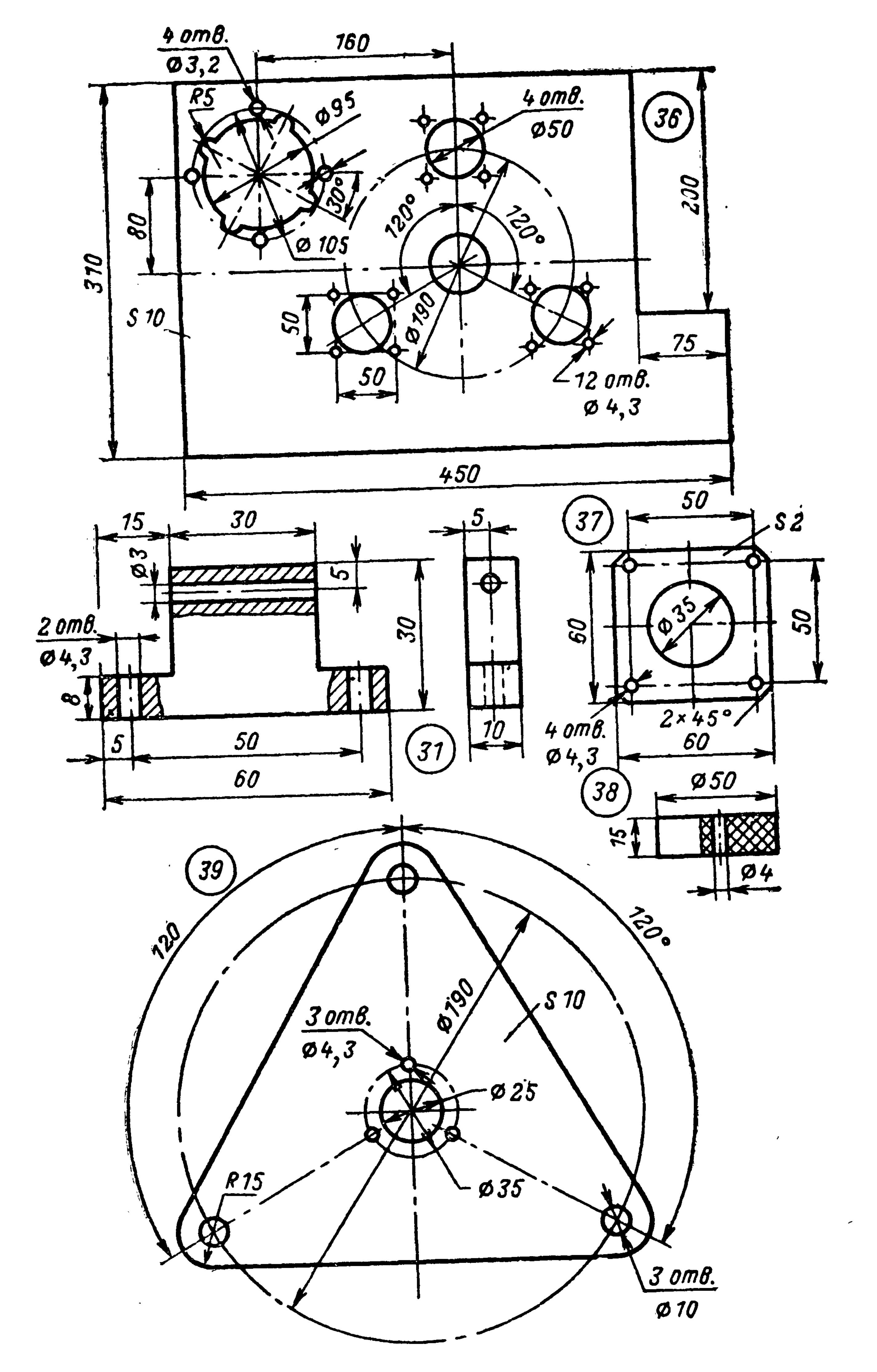


Рис. 6. Детали проигрывателя.

31 — кронштейн (эбонит, органическое стекло); *36* — панель несущая (текстолит, гетинакс, древесно-стружечная плита); *37* — фланец (сталь, цинковать, 3 шт.); *38* — амортизатор (войлок, 3 шт.); *39* — плита (текстолит, гетинакс, органическое стекло, древесно-стружечная плита).

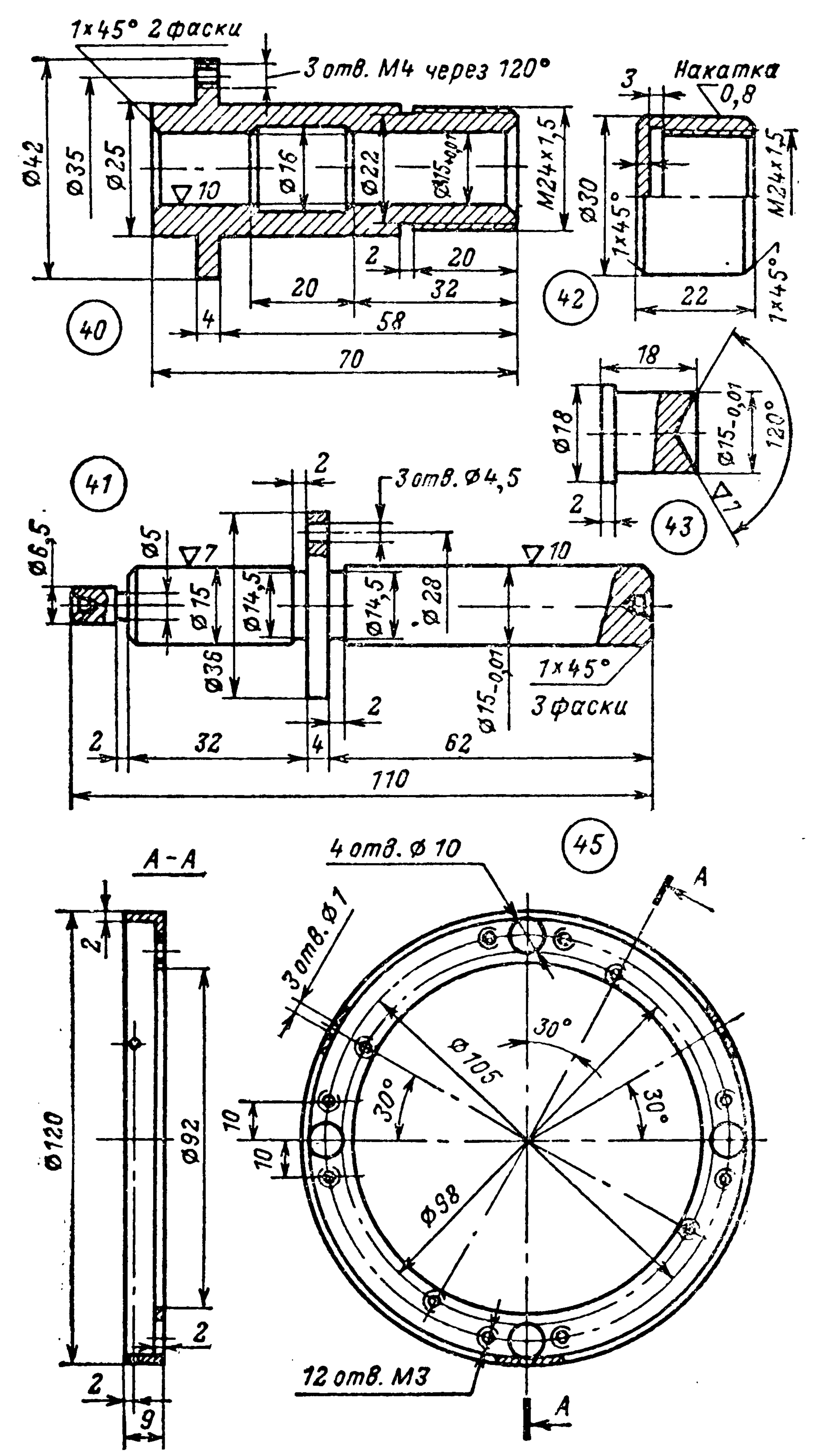


Рис. 7. Детали проигрывателя.

40 — втулка (бронза); *41* — вал (сталь 45); *42* — гайка (сталь — цинковать, латунь, дюраль); *43* — пята (латунь, дюраль); *45* — кольцо (сталь — цинковать).

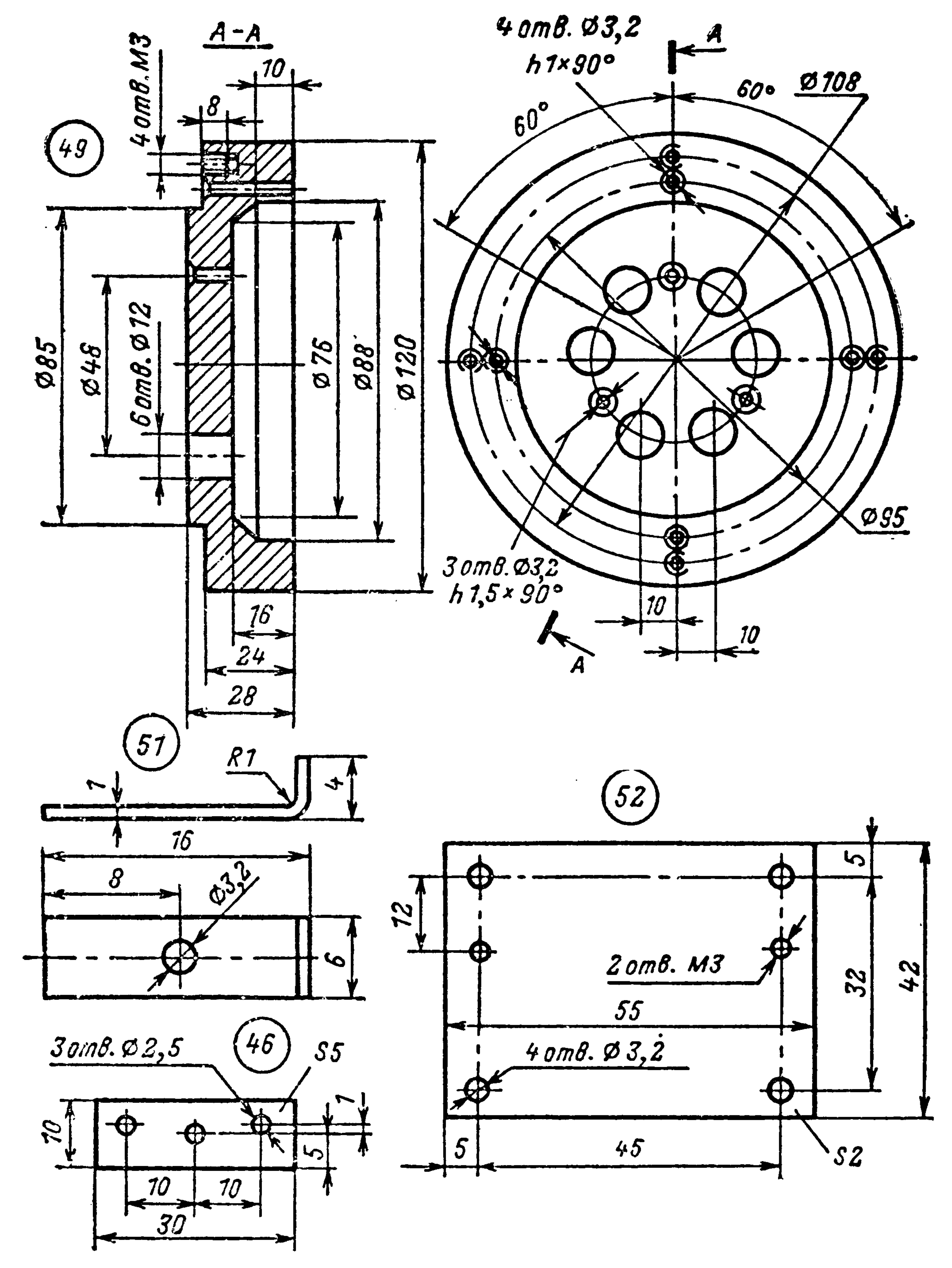


Рис. 8. Детали проигрывателя.

46 — прокладка (войлок, 4 шт.); *49* — платформа (сталь — цинковать, латунь); *51* — прижим (сталь — цинковать, 4 шт.); *52* — планка (сталь — цинковать).

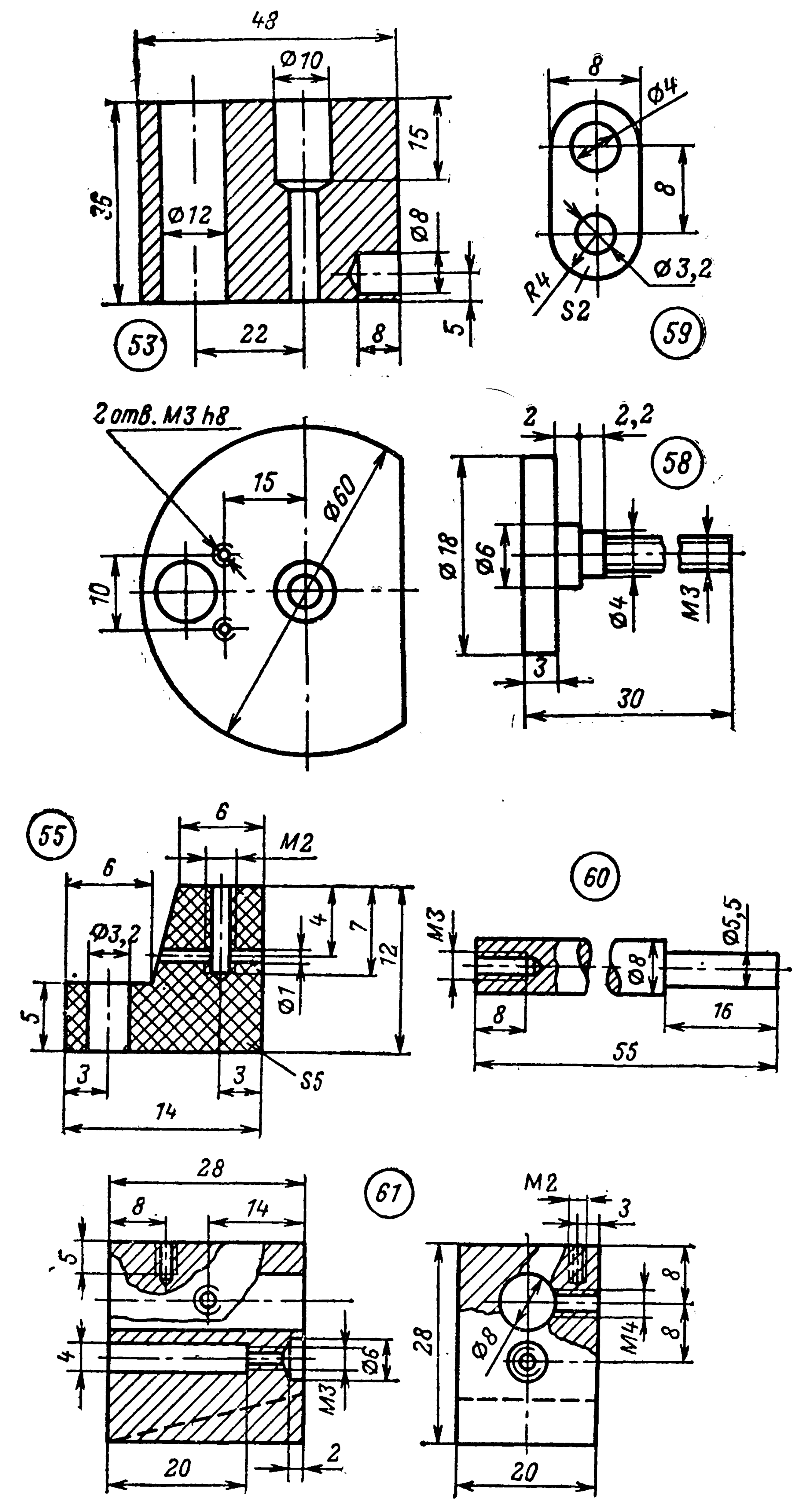


Рис. 9. Детали проигрывателя.

53 — основание (сталь — цинковать, латунь); *55* — держатель (эбонит); *58* — винт (латунь — хромировать); *59* — серьга (сталь, латунь — хромировать); *60*—рычаг противовеса (сталь, латунь — хромировать); *61* — противовес (сталь, латунь).

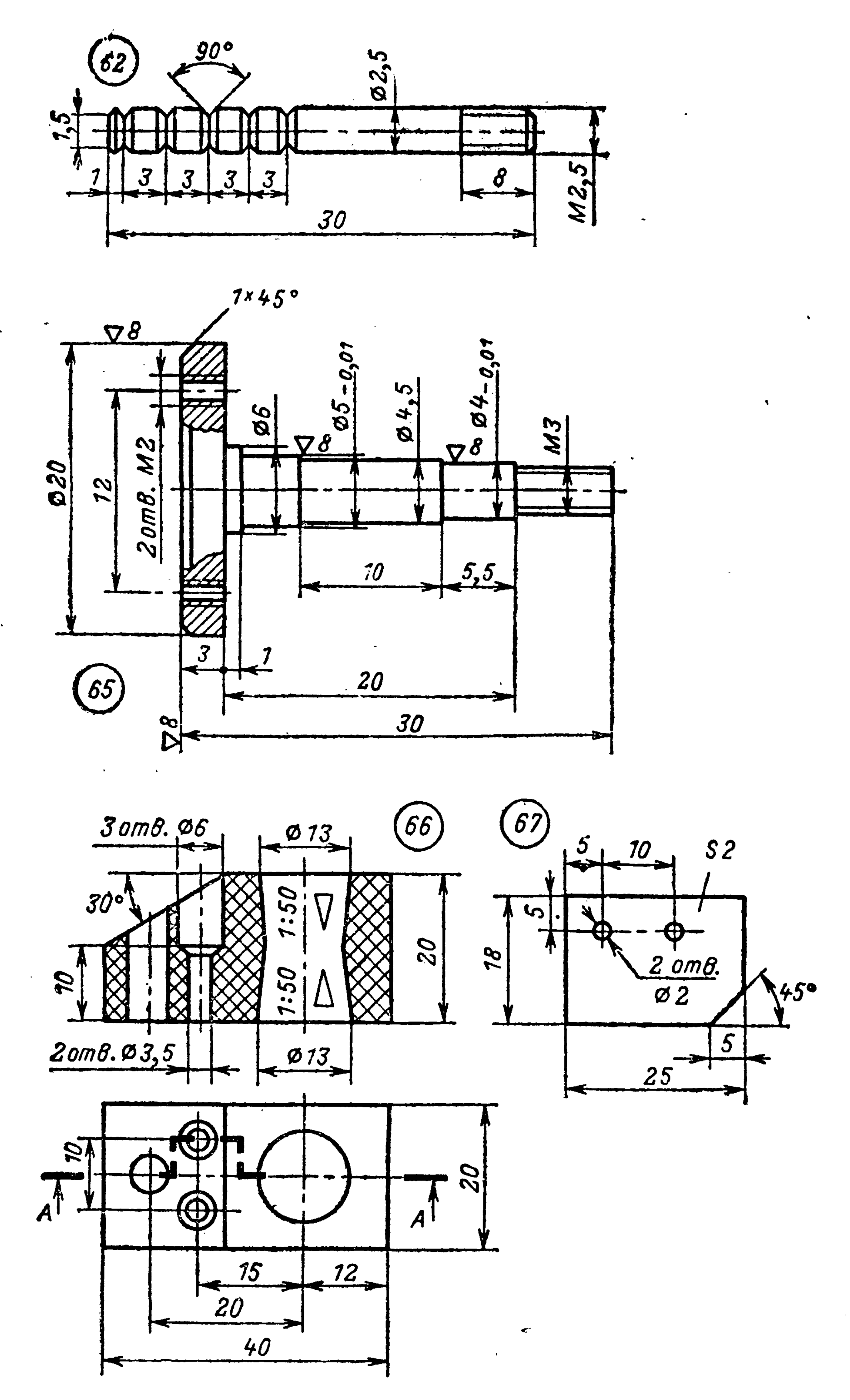


Рис. 10. Детали проигрывателя.

62 — поводок (сталь, латунь — хромировать); *65* — ось (дюраль); *66* — опора (эбонит); *67* — накладка (органическое стекло).

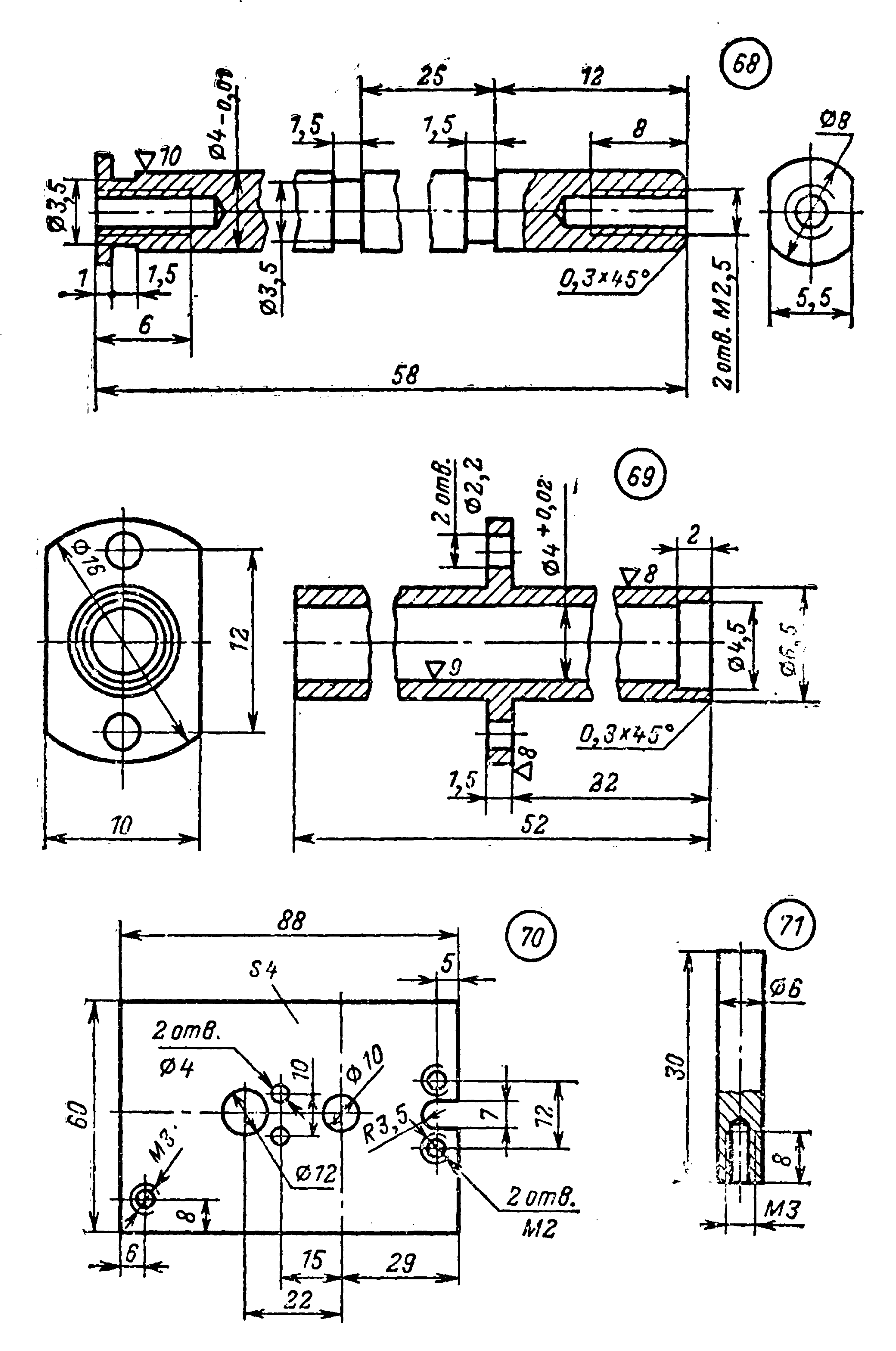


Рис. 11. Детали проигрывателя.

68 — шток (сталь); *69* — втулка (латунь — хромировать); *70* — панель декоративная малая (дюраль); *71* — рукоятка (эбонит).

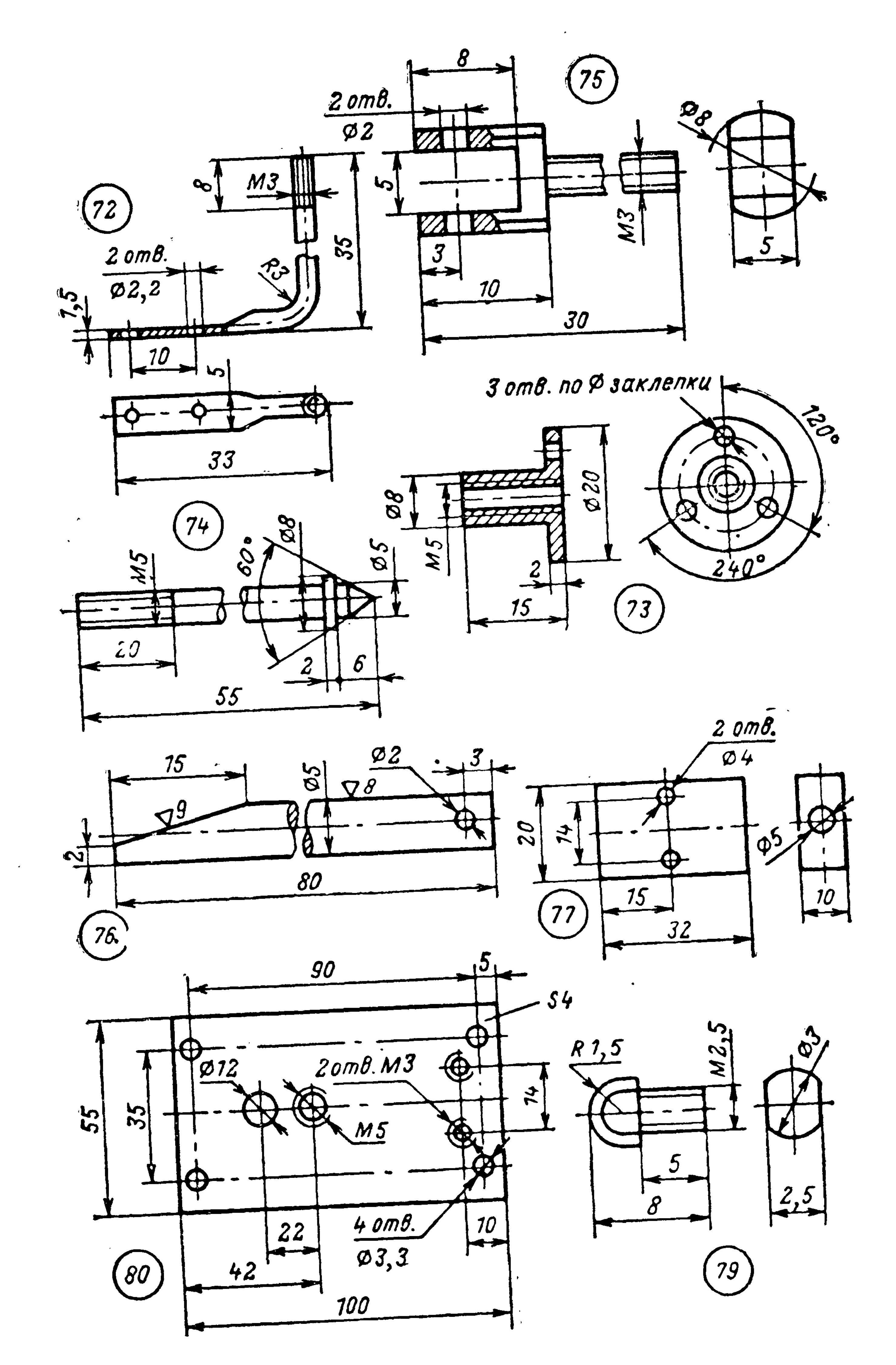


Рис. 12. Детали проигрывателя.

72 — рычаг (сталь, латунь — хромировать); *73* — втулка (сталь — цинковать, дюраль, 5 шт.); *74* — пилон (сталь — цинковать, дюраль, 5 шт.); *75* — шатун (сталь — цинковать, латунь); *76* — толкатель (сталь, латунь); *77* — сухарь (эбонит, органическое стекло); *79* — наконечник (фторопласт 4); *80* — площадка (сталь — цинковать).

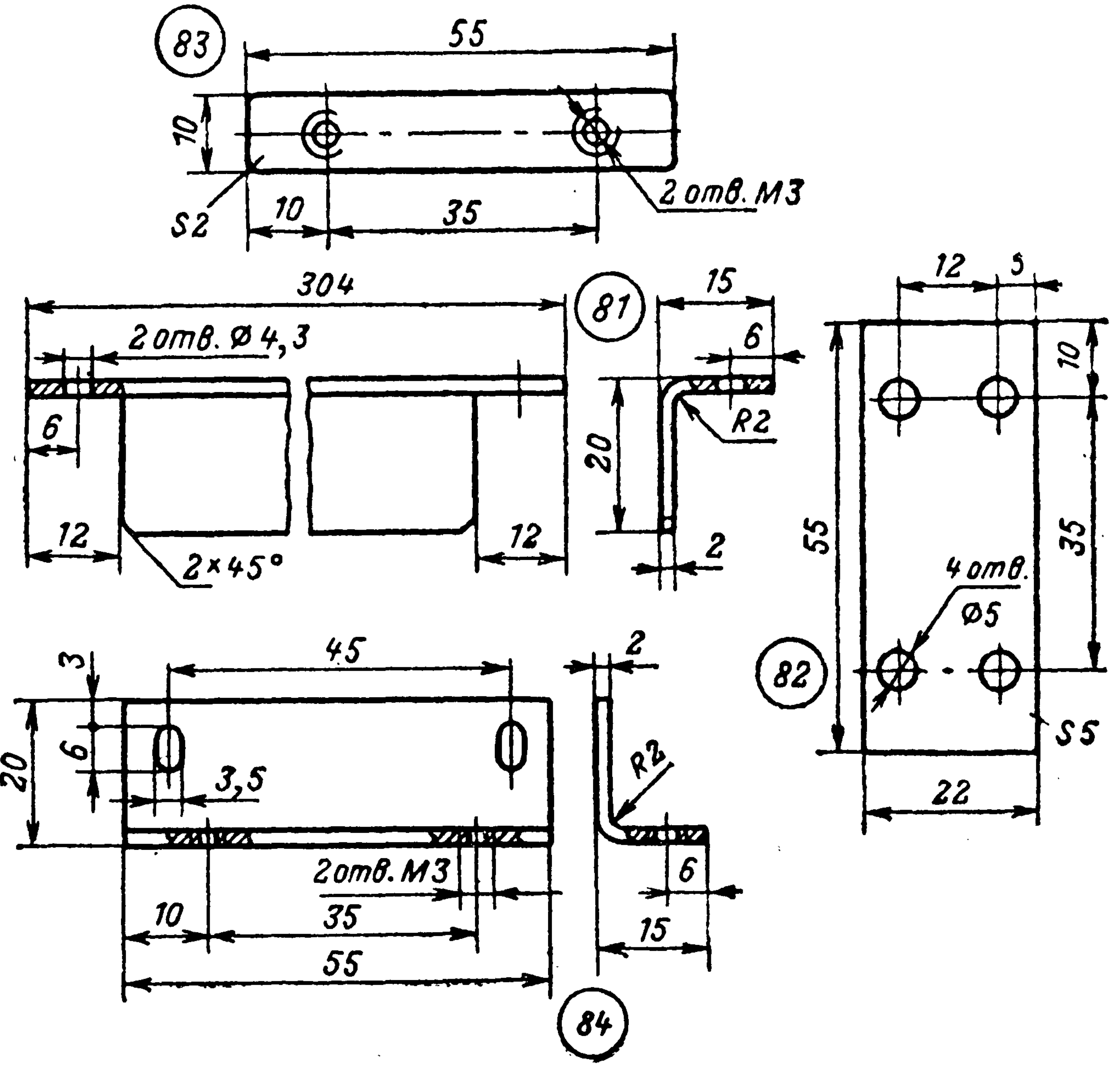


Рис. 13. Детали проигрывателя.

81 — траверса (сталь — цинковать); *82* — прокладка (войлок, 2 шт.); *83* — накладка (сталь — цинковать. 4 шт.); *84* — угольник (сталь — цинковать. 3 шт.).

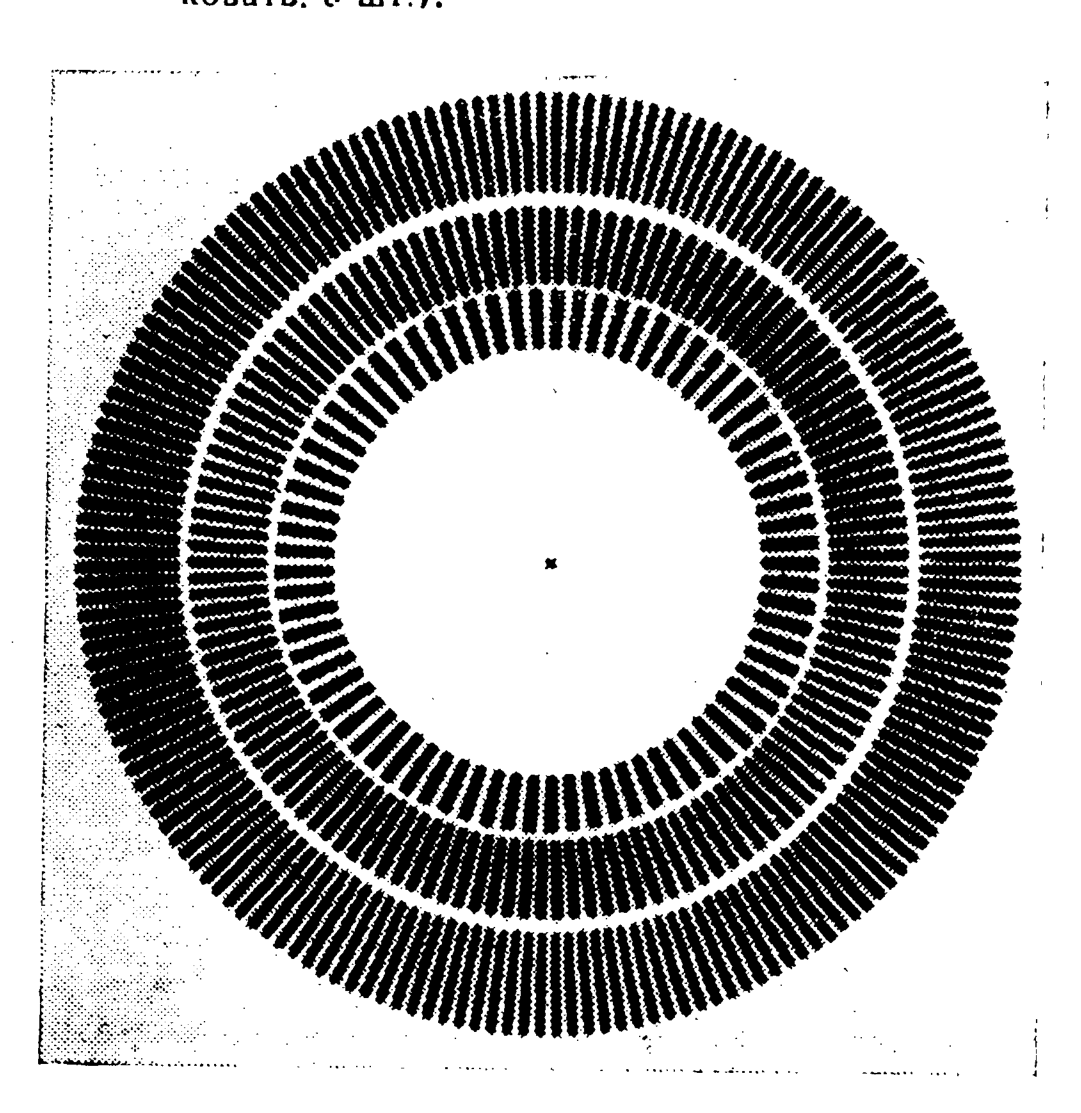


Рис. 14. Стробоскопические диски для контроля частоты вращения диска (наружный — $33^1/_3$ об/мин; средний — 45 об/мин, внутренний — 78 об/мин).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аполлонова Л. П., Шумова Н. Д.** Механическая звукозапись. М.—Л., «Энергия», 1964, 240 с.
2. **Бектабегов А. К., Усачев В. В.** Стереофонические звукосниматели. М.—Л., «Энергия», 1964, 40 с.
3. **Ганзбург М. Д.** Электродвигатели для магнитофонов. М.—Л., «Энергия», 1964, 32 с.
4. **Гендин Г. С.** Высококачественное звуковоспроизведение. М., «Энергия», 1970, 32 с.
5. **Гладков Б. В., Ефимов В. И.** Направления работ по повышению качественных показателей электропроигрывающих устройств и звукоснимателей. — «Вопросы радиоэлектроники. Техника радиовещательного приема и акустики». 1971, вып. 2, с. 48—53.
6. **Гринштейн М. М., Кучикян Л. М.** Фотореле в радиолюбительской практике. М.—Л., «Энергия», 1964, 72 с.
7. **Дюков В. Г.** Техника воспроизведения грамзаписи. — «Радио», 1972, № 4, с. 32—34.
8. **Милзарайс Я. Я.** ЭПУ с регулировкой скорости вращения диска. — «Радио», 1972, № 5, с. 38—39.
9. **Михневич А. В.** Лентопротяжные механизмы. М., «Энергия», 1971, 32 с.
10. **Тимошенко С. П.** Колебания в инженерном деле. М., Физматгиз, 1959, 440 с.
11. **Черкунов В. К.** Электропроигрыватель. — «Радио», 1972, № 2, с. 25—29.
12. **Frauendorf H.-J., Freiter G.** Antriebssysteme für Plattenabspielgeräte. — «Funkschau», 1970, H. 2, S. 113—116.
13. **Kogen J.** The skating-force phenomenon. — «Audio», 1967, № 10—11, p. 38—40, 53—56.
14. **Maas B.** Servoed tone arm tracks tangentially. — «Design News», 1969, № 20, p. 54—55.
15. Plattenschonung durch Tonarmlift. — «Funk-Technik», 1971, № 12, S. 452.
16. Phono cartridge survey. — «Audio», 1971, № 2, p. 36—43.
17. **Пташенчук Ю. А.** Предварительный усилитель для электропроигрывателя. — «Радио», 1972, № 2, с. 29—30.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.